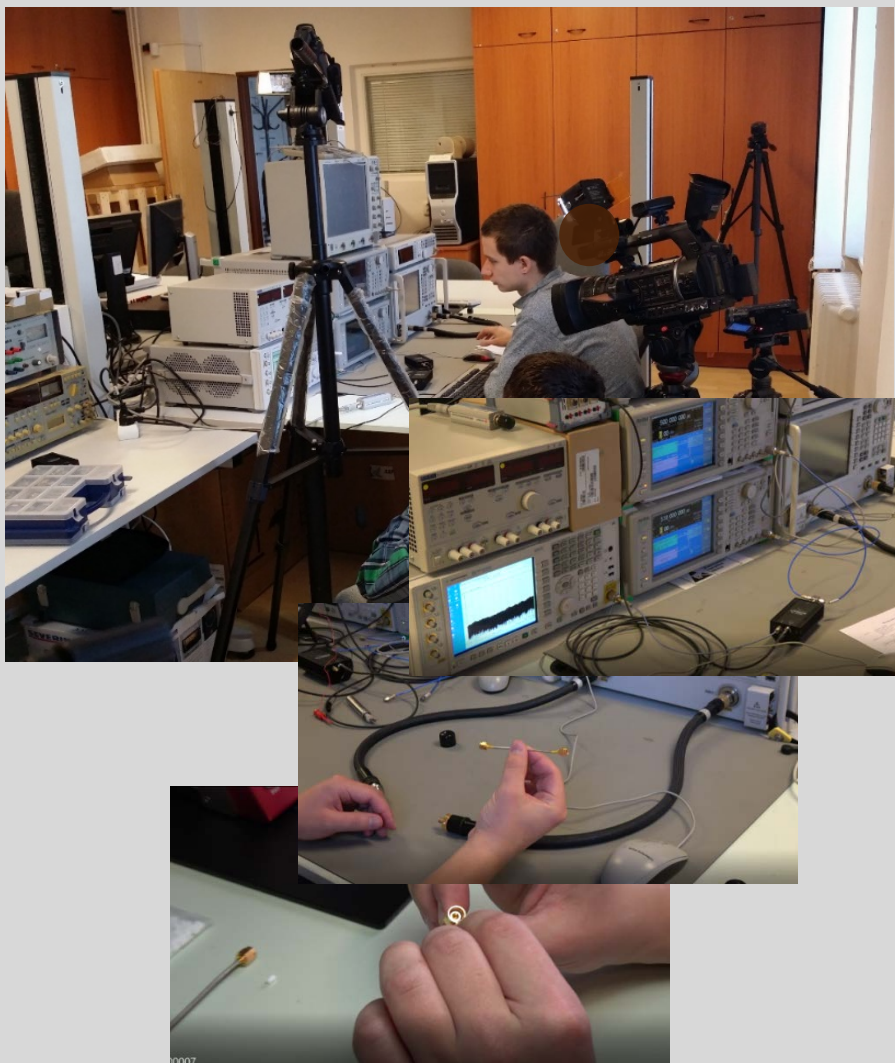


Vybrané problémy teórie a praxe vysielania jedno a viacpohľadových videostrímov v IP sieťach



2016

Vybrané problémy teórie a praxe vysielania jedno a viacpohľadových videostrímov v IP sieťach

Technická univerzita v Košiciach

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Ludmila Maceková

Stanislav Marchevský

2016

NÁZOV: Vybrané problémy teórie a praxe vysielania jedno a viacpohľadových videostrímov v IP sieťach

AUTORI: Ľudmila Maceková, Stanislav Marchevský

RECENZENTI: Václav Moucha, Dušan Repčík

VYDAVATEĽ: Technická univerzita v Košiciach

ROK: 2016

ROZSAH: 81 strán

NÁKLAD: 50 ks

VYDANIE: prvé

ISBN: .978-80-553-3060-0

Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

Za odbornú a obsahovú stránku zodpovedajú autori

Abstrakt

Metóda strímovania je metódou prenosu dát internetovou sieťou, a je dnes vo veľkom využívaná pre distribúciu multimédií, audio a video konferencie, živé vysielanie, telefónne služby, vzdelávanie, atď. Hlavnou charakteristikou tejto metódy je prenos súvislého toku dát, ktorý je na strane prijímateľa bez nutnosti ukladania celého súboru spracovávaný v reálnom čase. Obsah tejto publikácie sa venuje teoretickým a praktickým problémom poskytovania živých videostrímov v sieti s IP protokolom z jednej alebo viacerých kamier, z jedného alebo viacerých pohľadov. V tom druhom prípade ide o viacpohľadové video. Vyústením textu knihy je praktický návod pre implementáciu prenosu živého videostrímu s využitím bezplatných služieb Livestream. Časť textu je okrem samotného videostrímingu venovaná aj stručným opisom teoretických základov, ktorých znalosť je v tejto oblasti nevyhnutná. To sú kompresné metódy a štandardy pre video a zvuk, prehľad chýb strímovaného videa ako aj kritériá pre posudzovanie kvality prenesených videí.

Kľúčové slová

Videostríming, živý stríming, videosignál, videokodek, strímovací server, domovská stránka, architektúra strímovacej siete, kritériá kvality videa, audiokodek, strímovací protokol, protokol transportnej vrstvy

Abstract

The streaming method is the method of the data transporting by Internet network. Today, this method is used largely for media distribution, audio and video conferences, live broadcasting, telephone services, education, etc. The main feature of this method is the transferring continuous data stream, handled in the real time at the user end without storing of the whole media file. The matter of this publication deals with both theoretical problems and practice of live videostreaming providing by IP networks. Video can originate from one or more cameras, hence, we can talk about simple video or multiview video streaming. The capability to implement a live videostreaming could be the result of understanding the theoretical video streaming knowledge. In the final parts of the text, the practical process is described including exploitation of free Livestream services. It is necessary to know the basic theoretical principles as compress methods and standards for video and audio, streaming video errors and degradation, as well as video quality criteria evaluation which are also briefly described in this book.

Key words

Videostreaming, live streaming, videosignal, videocodec, audiocodec, streaming server, landing page, architecture of streaming network, streaming protocol, protocol of transport layer, video quality criteria

Podakovanie

Táto publikácia vznikla za finančnej podpory agentúry KEGA Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky v rámci projektu č. 062TUKE-4/2014.

Naše podakovanie patrí aj pánom doc. Ing. Františkovi Jakobovi, PhD. a Ing. Dávidovi Cymbalákovi, PhD za poskytnutie odbornej konzultácie.

Obsah

Zoznam obrázkov	9
Zoznam tabuliek	11
Úvod	12
1. Úvod do živého strímingu	14
1.1. Komponenty živej produkcie	14
1.1.1. Videosignál	15
1.1.2. Kodér živého strímu	15
1.1.3. Prenos k strímovaciemu serveru	16
1.1.4. Strímovací server	20
1.1.5. Domovská stránka	24
1.1.6. Prenos k divákovi	24
1.1.7. Záver	24
2. Technologické základy	25
2.1. Architektúra strímovacej siete	26
2.2. Strímovací server	28
2.2.1. Riešenie preťaženia siete	29
2.2.2. Nahrávanie obsahu na server	29
2.2.3. Živý strímung	29
2.3. Kódovanie videa	29
2.3.1. Kompresné metódy	30
2.3.2. Encapsulation (zapuzdrenie)	36
2.4. Kompresné kódovacie štandardy	37
2.4.1. H.120	38
2.4.2. H.261	38
2.4.3. MPEG-1	38
2.4.4. MPEG-2	38
2.4.5. H.263, H.263+, H.263++	38

2.4.6.	MPEG-4.....	39
2.4.7.	H.264/MPEG-4 Part 10/AVC.....	39
2.4.8.	MVC - Kompresné kódovanie viacpohľadového videa	40
2.4.9.	H.265/HEVC.....	41
2.4.10.	Kompresný kodek Theora.....	42
2.5.	Typy strímov MPEG	42
2.5.1.	Elementárny reťazec.....	42
2.5.2.	Paketizovaný elementárny reťazec - PES	43
2.5.3.	Programový reťazec	43
2.5.4.	Transportný reťazec - TS	43
2.5.5.	Referenčné hodiny (Program Clock References - PCR)	43
2.6.	Chyby videa	44
2.6.1.	Kompresné artefakty	44
2.6.2.	Chyby spôsobené prenosom	45
2.6.3.	Poruchy spôsobené inými príčinami.....	45
2.7.	Hodnotenie kvality videa	45
2.7.1.	MAE.....	46
2.7.2.	MSE	47
2.7.3.	PSNR.....	47
2.7.4.	SSIM	47
2.7.5.	Vyhodnocovanie kvality bez referencie	48
3.	Kódovanie zvuku	49
3.1.	Zvukové formáty a kodeky.....	50
4.	Strímovacie protokoly	54
4.1.	ISO-OSI model	54
4.2.	Sieťová vrstva (Network Layer)	55
4.2.1.	IP (Internet Protocol)	55
4.2.2.	RTSP	55

4.3.	Transportná vrstva.....	57
4.3.1.	Protokoly TCP, UDP.....	57
4.3.2.	Protokol RTP (Real-Time transport Protocol)	58
4.3.3.	RTMP	61
4.3.4.	HLS (HTTP Live Streaming)	61
4.3.5.	Smooth Streaming (Microsoft)	61
4.3.6.	DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP).....	61
5.	Praktikum živého strímingu	63
5.1.	Voľba poskytovateľa služby Live Streaming	63
5.1.1.	Predbežné otázky: SD alebo HD?	64
5.1.2.	Jeden alebo viac strímov?	65
5.1.3.	Klienti alebo platforma.....	66
5.1.4.	Podporuje stránka kanála moju peňažnú stratégiu?	67
5.1.5.	Môžeme chrániť svoj obsah a značku?	69
5.1.6.	Aký majú rozsah odkazy na sociálne siete?.....	70
5.1.7.	Ako flexibilné sú naše možnosti vkladania živých strímov?	71
5.1.1.	Kde sú prehrávané videa?	71
5.1.1.	Aké sú naše možnosti kódovania?	72
5.1.2.	Sú doplnkové služby k dispozícii?	73
5.1.3.	Čo nás to všetko bude stáť?	73
5.1.1.	Skúsme to, budeme to mať radi	77
5.2.	Návod na tvorbu živého prenosu	77
5.1.	Záver	82
	Literatúra.....	83

Zoznam obrázkov

Obr. 1 VR-3 Mixer (zn.Roland).....	15
Obr. 2 4G-modem firmy Verizon, špičkové zariadenie pre živé vysielanie s použitím kamerového kódera	17
Obr. 3 Teradek Bond 4G-agregátor umiestnený na vrchole Teradek Cube	18
Obr. 4 Server Teradek Sputnik preusporiadava signály do použiteľnej formy	19
Obr. 5 Bezdrôtový multiplexer/server AirStream Video TX si pre poskytovanie multiplexovaného signálu z viacerých modemov vyžaduje zapojenie jednotky LGR alebo VMS Payout.	19
Obr. 6 Ustream ponúka mnoho funkcií sociálnych sietí ako chat a prístup na Twitter a Facebook.	22
Obr. 7 Architektúra siete videostrámingu.....	27
Obr. 8 Ilustrácia k reprezentácii farby v digitálnom videu zloženom z jednotlivých snímok - súčtový model	33
Obr. 9 Príklad kvantizačnej matice so strednou hodnotou kvality 50 (vľavo). Skenovanie cik-cak (vpravo).....	35
Obr. 10 GOP. Skupina snímok v obrazovej sekvencii. Ich vzájomná závislosť je naznačená šípkami.	35
Obr. 11 Ilustrácia k odhadu pohybu na scéne (zmena pozície makrobloku v rámci snímky vzhľadom k referenčným snímkam)	36
Obr. 12 Hlavička IPv4-paketu; celkovo ju tvorí 20 až 24 bajtov (1 bajt čiže 1B = 8 b).	37
Obr. 13 Všeobecná štruktúra systému MVC	40
Obr. 14 Schéma MVV-kódovania s využitím časovej predikcie s hierarchickými B-snímami (čierné šípkky) a medzipohľadovej predikcie (červené šípkky) [8].	41
Obr. 15 Proces vytvorenia a riadenia RTSP spojenia Klient-Server	56
Obr. 16 Stránka Livestream kanála na Day Trading Radio. Všimnime si chat a ďalšie súvisiace sociálne médiá (a 1141 divákov!).	64
Obr. 17 Video vložené na webových stránkach výrobcu, bez akejkoľvek značky Livestream.....	65
Obr. 18 Pay-per-view na portále Ustream	67
Obr. 19 Nový portál Livestream. Všimnime si 4995 komentárov počas živého prenosu.	68
Obr. 20 Ochrana prístupu a ďalšie spôsoby vytvárania nášho obsahu s väčším súkromím na Justin.tv portáli.	69
Obr. 21 Ustream nám umožňuje zapnúť a vypnúť chat a identifikovať moderátorov, ktorí môžu zakázať urážajúcich užívateľov.	70
Obr. 22 Ustream rozšírenia poskytujú e-commerce linky na produkty, ktoré dúfame, že predáme.	70

Obr. 23 Prispôsobený vložený prehrávač na portáli Bambuser	72
Obr. 24 Cenník pre nový Livestream.....	74
Obr. 25 Model cenníka pre Ustream	75
Obr. 26 Model cenníka pre Bambuser	76
Obr. 27 Cenový model pre Justin.tv's	76
Obr. 28 Prvý krok vytvorenia udalosti.....	77
Obr. 29 Výber udalosti v Livestream pre producentov.....	78
Obr. 30 Výber našich kódovacích vzorov	79
Obr. 31 Napíšme meno udalosti; netrápme sa s IP adresou, ktorá by mala byť správna.....	79
Obr. 32 Vysielame naživo.....	80
Obr. 33 Nastavenie hlasitosti	81
Obr. 34 Monitorovanie živého strímu.....	81

Zoznam tabuliek

Tab. 1 Vlastnosti rôznych 4G-produktov	17
Tab. 2 Úlohy spojené s rôznymi možnosťami strímovacieho servera	21

Úvod

Strímovanie je metóda prenosu dát sieťou, ktorého hlavnou charakteristikou je súvislý tok dát, ktorý je na strane prijímateľa bez nutnosti ukladania celého súboru spracovávaný v reálnom čase. Táto metóda prenosu dát je dnes vo veľkom využívaná pre distribúciu multimédií, audio a video konferencie, živé vysielanie, telefónne služby, atď. Umožňuje prehrávanie obsahu súboru vo veľmi krátkom čase po nadviazaní spojenia medzi serverom a koncovým používateľom. V prípade strímovania živého vysielania je prenášaný len aktuálne zachytávaný a vysielaný obraz alebo zvuk. V prípade strímovania uloženého audio alebo video materiálu je možná podpora ďalších funkcií ako zastavenie prehrávania, znovu spustenie prehrávania od posledne prehrávaného časového úseku, posun na ľubovoľný časový úsek bez potreby prenášať a ukladať úsek dát medzi týmito úsekmi. Pri vytváraní materiálov na strímovanie prostredníctvom webovských stránok pre účely e-vzdelávania je dôležité dbať na podporu viacerých typov multimediálnych prehrávačov, nakoľko nie je možné zabezpečiť dostupnosť podpory pre jeden konkrétny multimediálny prehrávač na rôznych platformách používaných na jednotlivých koncových zariadeniach.

Prenos viacpohľadových (multiview) strímov však prináša nové technické problémy spolu s prísľubom pridávania vizuálneho realizmu viacrozmernej (Multidimensional- MD) scény tým, že zvyšuje vnímanie priestoru. Pojem "MD" zahŕňa rôzne typy videa:

- Stereoskopické video, s dvoma mierne posunutými video-pohľadmi pre ľavé a pravé oko pozorovateľa
- Viacpohľadové (multiview video), kde sú viac ako dva pohľady. Videá sú kódované buď pre pokročilé zobrazovacie MultiView terminály, alebo interaktívne aplikácie, kde si pozorovateľ môže ľubovoľne zvoliť pre sledovanie niektoré zo zachytených videí.
- Viacpohľadové video v zmysle Free-View-point Video (FVV), kde geometrické informácie o 3D scéne (napr. mapa hĺbok) sú prenášané spolu s viacpohľadovými videami tak, že nové obrazy môžu byť syntetizované pre virtuálne ľubovoľné pohľady s interpretáciou (vykresľovanie) na báze hĺbky obrazov.

Kódovanie a prenos každého z týchto typov 3D videa vyžaduje špeciálne algoritmy a špecifické metódy optimalizácie. Pre stereoskopické video, okrem zrejmej medzipohľadovej korelácie, ktorá môže byť využitá pre zvýšenie kódovacieho zisku, kvalita ľudského vnímania stereo snímkov (kde často zlá kvalita z jedného pohľadu obrazu je "maskovaná" lepšou kvalitou obrazu ďalších pohľadov) môže byť tiež hybnou silou pre asymetrickú bitovú alokáciu a prenos. Pre viacpohľadové video jedna unikátna úloha spočíva v kódovaní videa z rôznych pohľadov takým

spôsobom, aby sa zjednodušilo interaktívne prepínanie zobrazenia, pričom dobrá účinnosť kompresie ostane zachovaná.

V 1.časti publikácie sa venujeme stručnému opisu základných komponentov produkcie živých videostrímov. Čitateľ sa oboznámi s jednotlivými zložkami vysielacieho reťazca vysielania živých videostrímov z praktického hľadiska. V 2.časti sa podrobnejšie venujeme teoretickým základom technológie vysielania živých videostrímov počínajúc architektúrou strimovacej siete, teoretickým rozborom jej jednotlivých komponentov, opisom kompresných kódovacích štandardov a jednotlivých MPEG strímov. Ďalej sa v tejto časti nachádza prehľad chýb videa, ku ktorým dochádza pri strímovaní živých videí, ako aj kritériá pre posudzovanie kvality prenesených videí. V 3.časti je uvedený stručný pohľad na kompresiu zvuku, ako nevyhnutnú súčasť audio-video-strímingu, a tiež veľmi skrátenej prehľad rozsiahlej oblasti zvukových štandardov. Vo 4. časti sme vypracovali stručný prehľad protokolov, ktoré sú používané na sieťovej a transportnej vrstve ISO-OSI referenčného modelu a v 5.časti sme sa venovali praktickým problémom implementácie vysielania živých videostrímov . Výsledkom tejto časti je praktický návod pre implementáciu prenosu živého videostrímu s využitím bezplatných služieb Livestream.

1. Úvod do živého strímingu

V tejto kapitole predstavíme technológie spojené so živým strímingom a načrtneme niektoré rozhodnutia týkajúce sa týchto technológií, ktoré budeme musieť urobiť [1]. Konkrétne sa naučíme:

- šesť prvkov podieľajúcich sa na živej produkcii
- rôzne možnosti pre kódovanie videa
- rôzne možnosti pre prenos videa z kodéra na server
- rôzne možnosti pri nákupe alebo lízingu strímovacieho servera
- ideálne vlastnosti vysoko kompetentnej domovskej stránky
- možnosti pre poskytovanie videa svojim divákom

1.1. Komponenty živej produkcie

Na ilustráciu procesu živého strímingu zaznamenáme video, zakódujeme video do súboru a pošleme ho na strímingový server. Odtiaľ je video prezentované na domovskej stránke a dodané našim divákom.

Podme sa stručne oboznámiť s každým komponentom a potom sa na nich pozrieme podrobnejšie.

- *Video signál.* Pod videosignálom, samozrejme, myslíme výstup z webovej kamery alebo štandardnej kamery alebo z viacerých kamier cez video-mixer. Jedná sa v podstate o video z udalosti, ktorú chceme vysielat'.
- *Kodér živého videa.* Či bude obrazový signál výstupom z kamery, z webovej kamery, alebo z video-mixera, musíme následne komprimovať video do strímu alebo strímov na odoslanie na strímovací server. Tu máme nespočetné možnosti, ktorým sa budeme venovať v ďalšom texte.
- *Prenos videa na strímovací server.* To je najväčší problém pre mnohých výrobcov živých programov , pretože používaná šírka pásma je často limitovaná. Vo väčšine prípadov sa bude využívať Ethernet alebo Wi-Fi pripojenie.
- *Strímovací server.* Môžeme si kúpiť svoj vlastný strímovací server, prenajať server, alebo sa vzdať tejto úlohy a prenechať ju poskytovateľom služieb živého strímingu (Live Streaming Service Provider -LSSP).
- *Domovská stránka.* Je to stránka, kde sa nasmeruje divák, aby mohol sledovať živé video.
- *Prenos k divákovi.* Možnosti zahŕňajú prenos prostredníctvom svojho vlastného internetového pripojenia, alebo pomocou siete doručovania obsahu (Content Delivery Network - CDN), a to buď priamo, alebo prostredníctvom LSSP.

Všetci producenti živých programov musia pochopiť a zväžiť svoje možnosti pre každý prvok, ako aj pre jeho riadenie pri výrobe živých strímov. Poďme sa pozrieť podrobnejšie na jednotlivé prvky.

1.1.1. Videosignál

Priame prenosy môžu začať s výstupom z jednej webovej kamery alebo štandardnej kamery. Avšak použitie viacerých kamier dodáva lesk akejkoľvek živej akcii, čo je dôvod, prečo mnohí producenti teraz mixujú viaceré kanály z kamier na webe, a potom vysielajú živý strím. Existuje viacero možností na zmiešavanie: na vstupný videosignál sa dá použiť softvérový kodér, ďalej počítačom podporované systémy, a niektoré špecializované hardvérové zariadenie, ako sú Roland VR-3 mixéry uvedené na Obr. 1. Či už používame jednu kameru alebo mixér, budeme musieť kódovať svoje video pomocou nasledujúceho kodéra pre živú produkciu.



Obr. 1 VR-3 Mixer (zn. Roland)

1.1.2. Kodér živého strímu

Voľba nástroja pre živé kódovanie môže byť jednoduchá: Zvyčajne je potrebné kódovať jeden strím pre prenos do diváckeho počítača a najdôležitejším kritériom nákupu kodéra je rozpočet. Pri nákupe dnes, samozrejme, by sme s najväčšou pravdepodobnosťou rozšírili skupinu svojich cieľových divákov, aby zahŕňala mobilných a desktopových klientov s adaptívnym strímingom pred doručovaním jediného súboru. Na posúdenie máme rad nových možností pracovných postupov,

od živého klaudu alebo serveru na báze transmuxingu(Transcode-Multiplexing) alebo siete doručovania obsahu CDNzaloženej na transmuxingu.

Podobne môžeme mať niekoľko nových požiadaviek od správy digitálnych práv, k skrytým titulkom a k vloženiu reklamy.

1.1.3. Prenos k strímovaciemu serveru

Väčšina poskytovateľov živého videa vysielala ich živý strím do strímovacieho servera cez WiFi alebo cez Ethernet, alebo pre väčšie organizácie, cez na to určené optické alebo satelitné trasy. Ako bolo spomenuté predtým, jedna z nových technológií, ktorá sa čoraz intenzívnejšie využíva na distribúciu zo vzdialených miest, je technológia 4G. Ako je známe, 4G technológia predstavuje 4. generáciu bunkových telefónnych komunikačných štandardov s teoretickou prenosovou rýchlosťou 1Gbps z pevných lokalít a 100 Mbps z mobilnej platformy, ako je vlak alebo automobil. Pre pripojenie cez 4G bude potrebné 4G-kompatibilné zariadenie (napríklad mobilný telefón) alebo externý 4G-modem, ktorý sa obvykle pripája k notebookom a prenosným kódrom cez USB pripojenie.

K dispozícii sú nasadené dve 4G-technológie-Mobile WiMAX a Long-Term Evolution (LTE) –a pre veľké organizácie sú tovybrané optické alebo satelitné siete. Prevedenie sa bude líšiť v závislosti od poskytovateľa služieb a umiestnenia (lokality). V máji 2012 testoval PC World AT & T, Sprint, T-Mobile a Verizon 4G v 13 mestách, a objavil významnú zmenu v upload-prevedení, pre Sprint a T-Mobile na spodnej hranici na 0,97 a 1,32 Mbps, v porovnaní s AT&T a Verizon na 4,91 Mbps resp. na 5,86 Mbps.

Tieto čísla predstavujú priemerné hodnoty v reálnom svete, a výsledky AT&T a Verizon sú veľmi sľubné. Je potrebné pamätať na to, že pripojenie 4G jednoducho pripojí 4G modem k základňovej stanici (tower).Kým každé pripojenie 4G je samostatné a jedinečné, súčasné pripojenia 4G zdieľajú šírku pásma zo základňovej stanice do centrály. Čím viac pripojení zdieľa šírku pásma do centrály, tým menšia je šírka pásma pre každé z nich. Našťastie, väčšina mobilných spojov skôr sťahuje dáta, než ich ukladá na server, takže tvrdenia súvisiace so šírkou pásma nahrávania majú len minimálny dopad, ale to sa značne líši podľa umiestnenia alebo dokonca aj počas dňa. Aj keď 4G sa stáva čoraz dostupnejšou, ešte stále je ďaleko od úplného pokrytia. Nedá sa tiežpredpokladať, že bude k dispozícii na všetkých možných miestach vysielania. Našťastie väčšina 4G poskytovateľov služieb má mapy, kde po pripojení sa dá podľa adresy alebo PSČ zistiť dostupnosť, ako napr. Verizon-mapa na network4g.verizonwireless.com.

1.1.3.1. Prenos cez 4G

Keď vysielame cez 4G, máme tri základné hardvérové možnosti:

- 4G modem je pripojený na kódér cez USB. Kódér vysiela jeden 4G strím na strímovací server.
- Linková agregácia a celulárne spájanie. Tieto zariadenia používajú viac pripojení 4G k strímu na vyšších dátových rýchlostiach späť na server.
- Kódér / agregátor. Tieto zariadenia kombinujú kódovanie H.264 a 4G prenosy. Rozdiely medzitechnológiami sa dajú najlepšie vysvetliť pomocou jednoduchej tabuľky (Tab. 1).

Tab. 1 Vlastnosti rôznych 4G-produktov

	4G prenos	Linková agregácia	Viacnosná redundancia	Adaptívne kódovanie
4G Modém v USB porte	Áno	Nie	Áno	Nie
Linkový agregátor	Áno	Áno	Áno	Nie
Encoder / Agregátor	Áno	Áno	Áno	Nie

V podstate, modem v USB porte umožňuje jeden 4G prenos nad každou podporovanou nosnou. Tento spôsob je prevzatý zo živého vysielania strímu (Livestream Broadcast) znázorneného na Obr. 2, ktorý má USB port pre 4G modem. Toto môže fungovať veľmi dobre, pokiaľ sme jediným používateľom pokúšajúcim sa tlačiť súbory vyžadujúce veľkú šírku pásma cez tú istú základňovú stanicu. No ak sme jedným zo 40 video novinárov tlačiacich živý prenos cez tú istú základňovú stanicu zo Super Bowl, naše vysielanie sa môže stretnúť s problémami.



Obr. 2 4G-modem firmy Verizon, špičkové zariadenie pre živé vysielanie s použitím kamerového kódéra

Linkový agregátor agreguje viac modemov 4G do jediného širokopásmového pripojenia, a môžu sa nasadiť modemy s rôznymi nosnými. Pokiaľ má Verizon zlý deň, T-Mobile alebo AT&T ho môžu vytlačiť z vysielania. Aj keď to nemusí pomôcť v našom scenári Super Bowl, v každodennom použití je linková agregácia spoľahlivejšia ako jeden modem, pretože môže mať prístup na viacero nosných. Navyše, mali by sme byť schopní tlačiť strím s vysokou prenosovou rýchlosťou z dôvodu zdieľanej šírky pásma. Táto koncepcia zdieľanej šírky pásma je ukázaná na Obr. 4, kde je pohľad na server Teradek Sputnik. Avšak táto zdieľaná šírka pásma má svoju cenu. Konkrétne, bude sa musieť nasadiť server pre príjem a preusporiadanie viacerých strímov do použiteľného formátu pred jeho odoslaním na strímovací server. Inak pri komunikácii s jedným 4G-modemom nie je nič na zostavenie, a tak sa môže posilať signál priamo na strímovací server.



Obr. 3 Teradek Bond 4G-agregátor umiestnený na vrchole Teradek Cube

Obr. 4 je kópia obrazovky zo softvérového servera, ktorý je nasadený s produktmi Teradek, zatiaľ čo Obr. 5 ukazuje LGR alebo VMS hardvérové prehrávacie zariadenia potrebné pre médiá Video TX bunkový multiplexor.

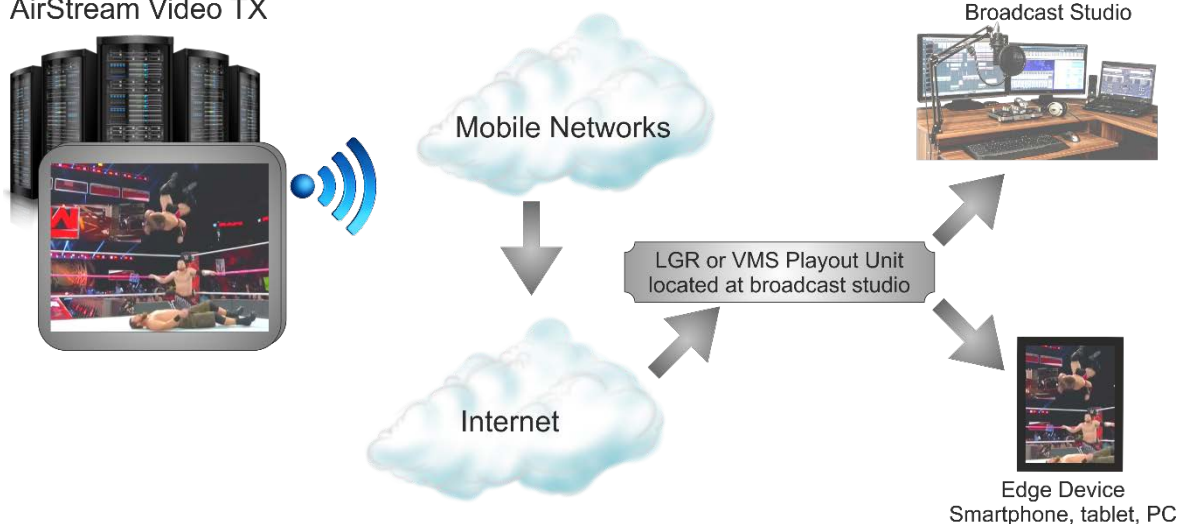
Tretia možnosť, kódér / agregátor, kombinuje kódovanie a transportné funkcie do jedného systému, či už v jednom kuse hardvéru, ako je zariadenie Airstream Video Tx znázornené na Obr. 5, alebo do dvoch oddelených zložiek, ako je Teradek Bond and Cube na Obr. 3. Tieto systémy ponúkajú výhody linkových agregátorov a navyše, pretože kódér a 4G prenosová jednotka môžu spolu komunikovať, potom existuje schopnosť prispôbiť kódovanie zmenám v efektívnej priepustnosti.



Obr. 4 Server Teradek Sputnik preusporiadava signály do použiteľnej formy

Napríklad so systémom Teradek Bond / Cube, ak sa najprv konfiguruje kódér pre vytvorenie 4 Mbps strímu a účinného poklesu šírky pásma, potom bude Cube vysielač oznamovať kódéru, že je potrebné priškrtiť dátovú rýchlosť. Podľa vlastného uváženia môžeme tiež zmenšiť snímkovú frekvenciu, aby sme zachovali kvalitu snímok na úkor plynulosti pohybu.

AirStream Video TX



Obr. 5 Bezdrôtový multiplexer/server AirStream Video TX si pre poskytovanie multiplexovaného signálu z viacerých modemov vyžaduje zapojenie jednotky LGR alebo VMS Playout.

Všimnime si, že pri samostatných kódéroch sa dá nastaviť ich kódovaný bitový tok ako reakcia na zmeny v priepustnosti, hoci odpovede sú zvyčajne menej sofistikované než kódéry / agregátory, ktoré pracujú spoločne. Napríklad Livestream Broadcasters monitoruje odchádzajúce

fronty, ktoré zaplňajú, keď výstupné šírky pásma nie sú adekvátne prenášanému strímu. Najprv však posielavaruje správy pre prevádzkovateľa, aby zvažil pokles úrovne kvality. Ak vyrovnávací pamäť je skoro zaplnený, budú vynechávané snímky, a ak to bude potrebné, aj zvukové segmenty. Všimnime si, že sa to robí pre všetky transportné mechanizmy, či už Ethernet, Wi-Fi alebo 4G.

Pretože však neexistuje žiadny štandard komunikácie medzi vysielateľom a komunikačným zariadením, je ťažké realizovať sofistikovanejšie korekčné techniky, ako je zmena rýchlosti dátového toku alebo snímkovej frekvencie. To je dôvod, prečo kodér/agregátory ponúkajú pokročilejšie nastavenia. Celkovo možno povedať, že pre príležitostné použitie 4G s malým významom akcie stojí za to vyskúšať jediný 4G-modem. Pre kritické aplikácie budeme potrebovať linkový agregátor alebo sa preferuje kodér/agregátor. Činitele, ktoré je potrebné uvažovať pri nakupovaní zariadení pre 4G-prevádzku, sú:

- *Celková cena.* Nezabudneme zahrnúť cenu kodéra (v prípade potreby), a cenu agregátora a servera.
- *Činiteľ formy.* Kamery sú pekné z hľadiska prenosnosti, hoci často je problémom životnosť batérie.
- *Životnosť batérií.* Keď už hovoríme o životnosti batérie, domnievame sa, že je to vážny problém. Ak plánujeme vysielanie časovo veľmi dlhej akcie, je potrebné nájsť jednotku, ktorá môže byť externe napájaná alebo má tzv. hot – swappable (rýchlo vymeniteľné, bez vypnutia systému) batérie. Pre kratšie zachytávané udalosti sa preferuje jednotka s dobíjacími batériami.
- *Počet modemov a konfigurácie.* Väčšina systémov môže mať maximálne päť modemov. Niektoré sú konfigurované interne, ako napr. modemy na báze AirStream Video TX. Je to výhodnejšie, pretože nie je potrebných prenášať oddelene.
- *Dostupnosť opravy chýb.* Pomáha zachovať integritu signálu a videokvalitu signálu.

1.1.4. Strímovací server

Každý živý stríming vyžaduje strímovací server, pričom máme štyri základné možnosti. Môžeme poskytovať hosting na vlastnom strímovacom serveri (host server – hostiteľský server) buď lokálne alebo v kľade; môžeme si vybrať živý stríming z host-servera poskytovateľa, ako je napr. Powerstream alebo Streaming Media Hosting, ktorý zaručuje prístup k strímovaciemu serveru; môžeme sa zaregistrovať/prihlásiť na stránku tradičného poskytovateľa online video platformy (OVP), ako Brightcove alebo Kaltura, ktorá sa rozšírila na ponúkanie priamych prenosov; alebo sa môžeme zapojiť na živý stríming poskytovateľa služieb (LSSP), ako je Livestream alebo Ustream.

1.1.4.1. Úlohy strímovacieho servera

Pri vyhodnocovaní týchto alternatív, je užitočné rozdeliť prvky živého prenosu do rôznych "úloh", ktoré môžeme vidieť v Tab. 2. Prvou úlohou je nákup servera, inštalácia, hosting a správa. Ak by sme poskytovali svoj vlastný server, mali by sme na starosti všetky tieto prvky, ktoré sú potrebné ako technické zdroje pre zamestnancov, ktorí budú tieto úlohy zabezpečovať. Lokálne vlastné hostovanie servera znamená poskytnutie fyzického servera a s tým spojených nákladov, ktorých sa možno zbaviť za poplatok za hostovanie v klaude.

Tab. 2 Úlohy spojené s rôznymi možnosťami strímovacieho servera

	Hostovanie nášho servera	LSHP	OVP	LSSP
Kúpa servera, Inštalácia, Hostovanie a	My	Oni	Oni	Oni
Produkcja	My	My	My	Oni
Vytvorenie prehrávača a domovskej stránky	My	My	Oni	Oni
Podpora mobilnej, OTT a ďalších platforiem	My	Oni	Oni	Oni
Distribúcia	My	Oni	Oni	Oni
Klienti	My	My	My	Oni

Ak využijeme poskytovateľa služby, ten zabezpečí nákup, inštaláciu, hosting a správu strímovacieho servera.

Keďže výdavky, ako sú náklady na server a technický personál, sú započítané do nákladov poskytovateľa, sú rozložené na viacerých zákazníkov, a môžu byť menšie ako self-hosting. Ak máme v pláne vysielanie 24/7, sme v podstate podnikateľmi so živým vysielaním, a môže dávať zmysel hostovať svoj vlastný server. Na druhej strane, ak máme v pláne vysielateľ jednu alebo dve udalosti za mesiac, potom jedna z ďalších možností je asi lepšou voľbou.

1.1.4.2. Úloha produkcie

Úloha produkcie zahŕňa niekoľko prvkov, vrátane nákupu kamery, audio zariadení a osvetľovacieho zariadenia; nákup a inštalácia hardvéru a/alebo softvérových kódérov; ako aj zariadení na prenos v prípade, že výstupná šírka pásma na mieste nie je postačujúca na prenos komprimovaných živých strímov dát na vzdialený videosever. Úloha produkcie zahŕňa aj personál potrebný na prevádzku všetkých navrhovaných zariadení.

Ak sme sami poskytovateľmi priamych prenosov, potom máme na starosti aj produkciu. Aj keď si môžeme najat' menej kvalitný personál, musíme zabezpečiť, že budú mať skúsenosti s výrobou priamych prenosov. To isté platí aj pre väčšinu poskytovateľov živého strímingu a online video platformy, ktoré nemajú tzv.domáce produkčné tímy. Naproti tomu, najväčší LSSPs budú mať buď

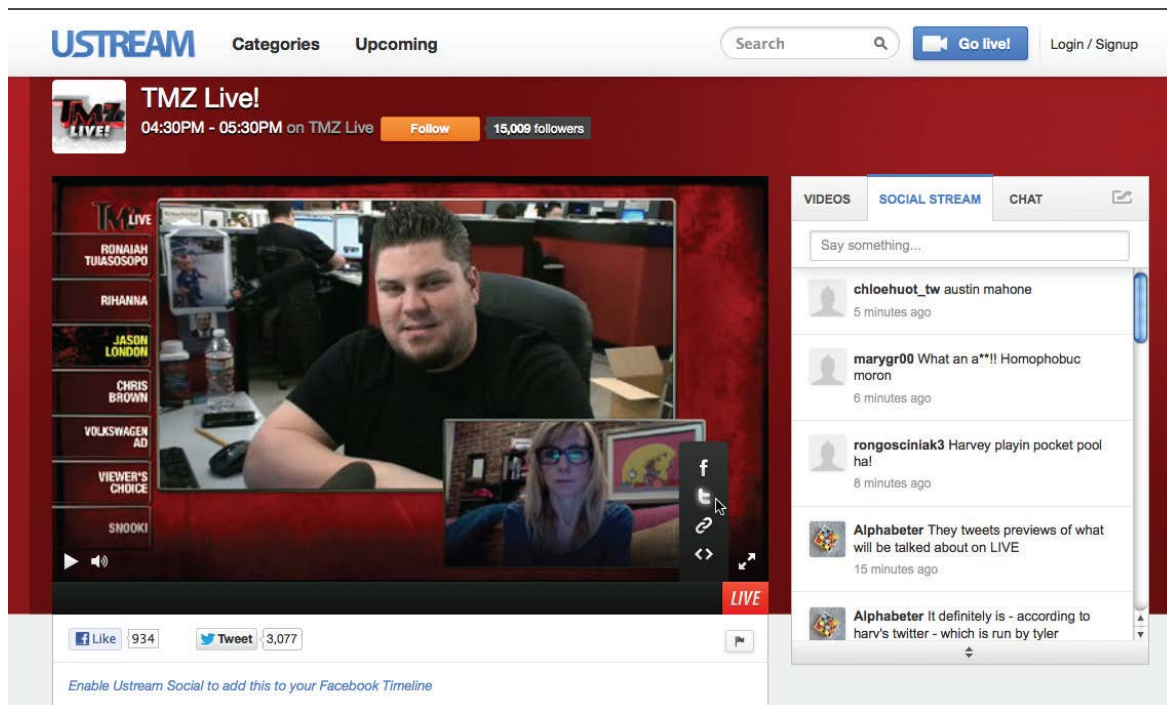
domáce produkčné tímy alebo majú skúsených kontraktorov tretej strany, ktorí sú expertmi v produkcii priamych prenosov.

1.1.4.3. Výroba prehrávača a domovskej stránky

Aby diváci mohli sledovať náš živý prenos, budú navigovaní na domovskú stránku a budú môcť sledovať prenos na prehliadači.

Ak prevádzkujeme vlastný server alebo využívame službu hosťujúceho poskytovateľa, musíme vytvoriť domácu stránku a prehrávač, ktorý vyžaduje technické prostriedky, ktoré je možné naprogramovať v programe Flash. Pre jednoduchý prehrávač v okne by to nemal byť veľký problém.

Dôležitejšie je to, že jednoduchý prehrávač v okne je dosť sterilné prostredie pre priamy prenos. Trend vo výrobe priamych prenosov smeruje k prehrávačom, ktoré simulujú „že sú tu“ ako je najviac možné. Pre klientov spotrebiteľsky orientovaných na prenosy, ako sú koncerty alebo festivaly, to zvyčajne znamená, že majú prístup na živý chat cez Twitter, Facebook alebo iné prostredie (Obr. 6) a možno aj schopnosť nahrávať obrázky alebo dokonca videá z vybranej udalosti. V obchodnom alebo vzdelávacom prostredí to môže znamenať schopnosť umožniť hlasovanie alebo riešenie kvízov, rovnako ako chat.



Obr. 6 Ustream ponúka mnoho funkcií sociálnych sietí ako chat a prístup na Twitter a Facebook.

Okrem toho pri mnohých priamych prenosoch chceme čo najširšiu distribúciu mnohých udalostí, čo predstavujeschopnosť vložiť prehrávač do ďalších web stránok alebo do prostredia Facebook alebo Twitter. Tieto typy funkcií by boli nákladné pre príležitostných vysielateľov, čo je dôvod, prečo mnoho takých vysielateľov migruje smerom k OVPS a najmä LSSPs, ktorí zvyčajne ponúkajú vyvinutejšie súvisiace sociálne mediálne funkcie v ich prehrávačoch než OVPS.

1.1.4.4. Podpora platformy

Väčšina producentov priamych prenosov chce osloviť čo najširšie publikum, vrátane desktopových prehrávačov a mobilných prehrávačov. Ak hostujeme náš vlastný server, väčšinu serverov, ktoré si môžeme kúpiť - napr. Adobe Flash Media Server, Real Networks Helix Server alebo Wowza Media Server- môže opakovane využiť Flash kódované videá pri zariadeniach s iOS alebo Androidom. Avšak toto zvyšuje nároky na odbornosť, ktorú však nemusíme mať doma, ak prevádzkujeme svoj vlastný server.

Na rozdiel od toho všetky tri triedy poskytovateľov služieb by mali byť schopné distribuovať svoje Flash-kódované videá k viacerým mobilným platformám a poskytovať šablóny a špecifikácie kódovania na pomoc vytvárať strímy, ktoré sa dajú prehrávať na všetkých cieľových platformách.

1.1.4.5. Distribúcia

Ak prevádzkujeme svoj vlastný systém, musíme sa rovnako starať aj o distribúciu, a to externe aj interne, ak sme zameraní na interných divákov. Ak z nášho vlastného servera obsluhujeme dokonca aj pomerne málo externých divákov, potrebujeme vysokokapacitný prístup k Internetu, vlastný (co -located) server alebo server inštalovaný v cloude. So súčasným nárastom počtu divákov budeme potrebovať sieť doručovania obsahu-CDN, aby sme vedeli zabezpečiť vysokú kvalitu služieb pre všetkých divákov.

To je oblasť, kde vedia pomôcť všetky tri triedy poskytovateľov služieb. Všetci budú mať vzťah s CDN pre externé dodávanie. Keď je živý videostрім vysielaný k ich strímujúcim serverom, musia sa starať o dodávanie videa ku koncovým používateľom. Niektorí OVPS môžu tiež optimalizovať dodávky v rámci podniku s využitím technológií, ako je dodávka peer-to-peer na podnikovej LAN.

1.1.4.6. Klienti

A konečne, primárne pre producentov B2C, ak hľadáme ďalších klientov pre sledovanie nášho živého prenosu, tak toto je jedna z hlavných výhod LSSP, ktorí majú masívny počet divákov a mnoho programov. Ak hľadáme klientov, tak toto je najlepšia kategória. Dúfajme, že vyššie uvedené skutočnosti objasnili výhody a nevýhody rôznych alternatív pre funkciu servera, a pomôžu nám rozhodnúť sa, ktorá je najlepšia pre naše živé prenosy.

1.1.5. Domovská stránka

Ako už bolo spomenuté vyššie, domovská stránka je webová stránka, ktorá bude navigovať divákov na sledovanie nášho videa.

Domovská stránka, ktorú poskytuje Ustream, je uvedená na Obr.10.6. Všimnime si, že sa jedná o stránku na webe Ustream; okrem toho TMZ vkladá prehrávač na jeho vlastné webové sídlo. Bez ohľadu na našu voľbu servera budeme musieť poskytovať domovskú stránku.

1.1.6. Prenos k divákovi

Opäť platí, že doručenie videa k nášmu divákovi je konečná zložka. Ak sa nerobí dobre, všetko ostatné vychádza nazmar.

1.1.7. Záver

Obsah tejto kapitoly by mal slúžiť ako malý úvod do strímingu, bez ktorého sme sa nechceli ponoriť do problematiky kódovania a problémov distribúcie.

2. Technologické základy

Strímovanie videa je proces, pri ktorom sa obsah v reálnom čase posiela používateľovi v komprimovanej podobe a zobrazuje sa na jeho zariadení. Dáta obsahu pritom prichádzajú k používateľovi vo forme (takmer) nepretržitého prúdu (strímu) multiplexovaných paketov, na rozdiel od iných prípadov, kedy sa čaká, kým sa stiahne kompletný súbor a až potom sa rozbalí a zobrazí. Pri strímingu musí byť na užívateľovej strane zariadenie, PC program alebo plug-in ako súčasť web-prehliadača, ktorý dekomprimuje a posiela video-dáta na zobrazovaciu jednotku a zvukové dáta do reproduktorov.

Stríming videa predstavuje buď zasielanie videozáznamov na požiadanie (Video on Demand – VoD) alebo simultánnu distribúciu viacerým užívateľom formou broadcastingu (multicast, Live Streaming).

VoD je interaktívna multimedialna služba, ktorá užívateľovi umožní spustiť prehrávanie videa podľa jeho výberu a v ním zvolenom čase. Ďalej umožňuje také funkcionality ako prerušenie prehrávania, pokračovanie, rýchle dopredné prehrávanie (fast forward), spätné pretočenie videa (rewind), sťahovanie videa. V súčasnosti si v istom zmysle konkurujú možnosti sledovať videostрім z internetových stránok a možnosť strímingu z plateného video-úložiska. Druhá zo spomínaných možností si vyžaduje centrálny server, schopný zasielať video stovkám užívateľov súčasne, alebo môže byť riešená formou distribuovaného úložiska na viacerých miestach v sieti. Je známych viacero služieb s podobným zámerom: True Video on Demand, Near Video on Demand, Subscription Video on Demand, Free Video on Demand, Pay per View, a pod.

Live Streaming - živý stríming prenáša video zachytávajúce udalosti, ktoré práve prebiehajú, napr. prenos koncertov, športových zápasov alebo výučbových lekcií. Vysielanie rádia, internetovej televízie a IPTV (*Internet Protocol Television*) je podobné, až na to, že obsahuje aj časti, ktoré boli zaznamenané a archivované už v minulosti. Pri službe IPTV na rozdiel od VoD všetci pripojení účastníci sledujúci ten istý kanál sú časovo zosynchronizovaní. Jediné, čo môžu, je prepnúť svoje zariadenie na sledovanie iného kanála. Na rozdiel od internetovej televízie, ktorá je verejne dostupná, sú služby IPTV a VoD platené na základe zmluvy, sú poskytované v uzavretom systéme, manažovanom zo strany lokálnej spoločnosti (káblovej, telefónnej, satelitnej). IPTV (aj internetová televízia) je služba riadiaca sa internetovým protokolom. Preto na rozdiel od terestriálnej, satelitnej a káblovej (šírenej pomocou koaxiálnych káblov) televízie, ktoré sa šíria špecifickými rádiovými signálmi a kanálmi, sa šíri internetovou sieťou v podobe paketov dát.

Slovo šírenie (broadcast) je tu namieste, pretože tá istá informácia sa (naživo) prenáša – šíri ku všetkým používateľom, a v danom okamihu zdieľajú všetci ten istý úsek strímu (azda snáď s rozdielnym oneskorením podľa rozdielneho miesta a situácie v sieti).

Tento typ strímu si vyžaduje špeciálne zariadenia, schopné zachytávať a komprimovať video v reálnom čase (broadcaster) a okamžite ho posielat' do siete (strímovací server). Pri malom počte koncových užívateľov môžu byť tieto funkcie implementované v jedinom zariadení.

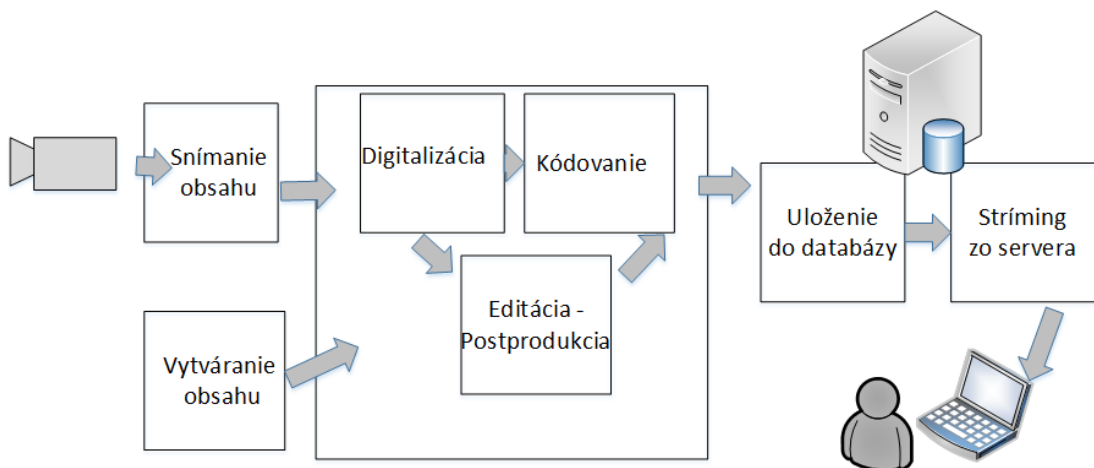
2.1. Architektúra strímovacej siete

Koncept získavania, spracovania a poskytovania videostrímu je načrtnutý prostredníctvom architektúry na Obr. 1. Obsahuje skupiny krokov ako:

- príprava obsahu: príprava scenára, snímanie, spracovanie (editácia, postprodukcia), kódovanie a príprava videa pre uloženie na serveri a pre stríming,
- infraštruktúra pre stríming
- infraštruktúra pre príjem a prehrávanie video-obsahu.

Každá časť tejto architektúry má svoje špecifiká, ktoré je potrebné brať do úvahy a riešiť ich voľbu, resp. úpravy v záujme kompatibility celého systému. Najvýznamnejšiu časť pre stríming predstavuje strímingový server, ktorý sprostredkováva strím pre každé užívateľské zariadenie, samotné prehrávacie zariadenie alebo softvér na strane užívateľa, obsah, a transportná sieť medzi serverom a prehrávacím zariadením.

- Vytvorenie infraštruktúry predstavuje získanie vhodných technických a elektronických zariadení a softvérov realizujúcich jednotlivé časti uvedenej architektúry, ich poprepájanie, oživenie, t. zn. uvedenie do prevádzky, a tiež získanie potrebnej zručnosti pre ich bezproblémové používanie.
- Nezanedbateľným krokom predchádzajúcim snímanie videa a zvuku je návrh scenára videa, ktoré má byť konečným produktom. Návrh scenára nie je triviálnou záležitosťou, a jeho tvorca musí byť pomerne široko oboznámený s problematikou obsahu, s cieľmi, ktoré sa majú konkrétnym video-strímingom dosiahnuť, a ďalšími súvisiacimi a nevyhnutnými detailmi.
- Proces snímania a získavania obsahu sa realizuje pomocou kamier, ktoré sú schopné exportovať video vo formáte, ktorý ďalej vieme spracovať v rámci postprodukcie (strihať, editovať, doplniť). V prípade živého strímingu musia byť použité kamery, ktoré poskytujú takúto funkcionality (pripojenie do siete lokálnej alebo internetovej poskytovanie video-strímu).



Obr. 7 Architektúra siete videostrímingu

- Súčasťou multimediálneho obsahu okrem nasnímaného videa môžu byť audio súbory so sprievodným zvukovým obsahom, animácie, prezentácie a podobne. Multimediálny obsah môže pozostávať z viacerých videokanálov, ktoré môžu byť súčasťou 3D-zobrazenia, hĺbkového zobrazenia (immersive imagination), viacpohľadového videa v zmysle FVV (Free View-point Video – video s voliteľným uhlom pohľadu na tú istú scénu) alebo viacpohľadového videa so zobrazením rôznych scén a prezentácií, ktoré spolu tematicky súvisia a môžu byť prednostne zobrazované synchronizovane.
- Obrazový a zvukový materiál získaný rôznymi spôsobmi je potrebné transformovať do formátu prijateľného pre proces ďalšej editácie (postprodukciu), ak sa tak nestalo už počas procesu snímania.
- Následne sa získané videokanály a zvukové kanály premyslenou tvorivou prácou pomocou vhodného editačného programu ďalej upravujú, strihajú, kombinujú, mení sa poradie jednotlivých videosekvencií, video sa dopĺňa novými časťami, novými prvkami, efektmi a sprievodným vizuálnym textom, opisnými metadátami, resp. titulkami. Pre túto prácu existujú softvéry ako Pinnacle Studio, Sony Vegas, Windows Movie Maker a ďalšie. Konečným produktom tejto fázy je hotové video, multi-view video, resp. multimediálny obsah. Tento sa svojím ideovým zámerom môže líšiť od surového materiálu (raw footage) získaného vo fáze snímania.
- Produkt získaný v predchádzajúcej fáze, ktorá môže byť viac alebo menej zložitá, sa opäť (softvérovo/hardvérovo) transformuje do podoby (formátu) vhodného na uloženie a / alebo na stríming. Súčasťou tejto transformácie je korekcia farieb, odstránenie šumu (preprocessing), následne potom kódovanie pomocou zvoleného jedného, alebo viacerých rôznych kodekov (kompresných alebo nekompresných) a zároveň vytváranie verzií pre rôzne zobrazovacie formáty, softvéry či zariadenia.

- Získané verzie multimediálneho obsahu sú na základe sprievodných dát (metadát) v rámci viac-alebo menej sofistikovaného systému uložené do databázy.

- Spomínané sprievodné dáta umožňujú koncovým užívateľom vyhľadať si žiadaný multimediálny obsah, a následne si spustiť jeho prehrávanie prostredníctvom strímingu. Tento posledný krok je umožnený strímovacím serverom a podmienený tiež vhodnou infraštruktúrou a technológiou prehrávania na strane užívateľa: počítačom s vhodným softvérom, alebo špecializovaným zariadením (modem, set-top-box) na prehrávanie multimediálneho strímovaného obsahu, obsahujúcim jednoúčelový softvér a napájajúcim zobrazovacie a zvukové zariadenia. V neposlednom rade je stríming záležitosťou aj nevyhnutného administratívno-koncesného procesu (zmluvy, rozsah služby, poplatky, adresy, heslá, nastavovanie prístupu).

2.2. Strímovací server

Strímovanie multimédií sa môže diať dvoma spôsobmi: sťahovaním („pull“ process) a posielaním („push“ process). Tieto procesy možno ilustrovať aj na starom modeli šírenia televízie. Samotné šírenie by sme mohli nazvať „push“ procesom. Podobá sa tiež webcastu, pretože sa pri ňom distribuuje v rovnakom okamihu ten istý obsah veľkému počtu účastníkov, pričom obsah môže tvoriť živé snímanie alebo prehrávanie záznamu. Pull procesom je sledovanie videa na požiadanie, ktoré sa podobá sledovaniu videa pomocou CD-prehrávača, alebo tiež sledovaniu rôzneho obsahu pomocou web-prehliadača.

Strímovací server sa podobá web-serveru, no má viac odlišností. Dokáže poskytnúť optimalizované doručovanie multimédií, umožňuje dynamické riadenie strímu, umožňuje interaktivitu, podporuje multicast a živý web-casting. Na realizáciu týchto funkcionalít využíva špecializovaný hardvér, čo je z istého pohľadu jeho nevýhodou oproti všeobecnému web-serveru. V súčasnosti je populárna napríklad voľne dostupná softvérová realizácia strímingového servera vyvinutá a vyvíjaná nadáciou ASF (Apache Software Foundation), ktorá je otvorená všetkým záujemcom a/aj finančným prispievateľom. Táto nadácia okrem serverových aplikácií (napr. Apache HTTP Server) spravuje aj mnoho ďalších softvérových projektov [2].

Strímovacie servery na doručovanie HTML-stránok a príslušných obrazových súborov cez Internet využívajú prednostne protokol HTTP (HyperText Transfer Protocol) a TCP/IP-protokol v transportnej vrstve. Ich cieľom je doručiť súbory čo najrýchlejšie do vyrovnávacej pamäte (cache) prehliadača.

2.2.1. Riešenie preťaženia siete

Pre udržanie správnej doručovacej rýchlosti sa využíva UDP/IP protokol (TCP/IP iba pri priaznivých podmienkach šírky pásma), a v rámci neho RTP-protokol. RTSP (Real Time Stream Protocol) podporuje funkcie podobné funkciám známym z kazetových prehrávačov (Play, Pause, a pod.). Tento protokol je riadiaci sieťový protokol, navrhnutý pre zábavné a komunikačné systémy, konkrétne pre riadenie strímovacích serverov (vytvorenie a riadenie relácie medzi koncovými bodmi). Pri preťažení server dostáva prostredníctvom RTCP –protokolu správy z užívateľského prehrávača (o strate a oneskorení paketov a pod.), ktoré využíva prostredníctvom svojej aplikácie na riadenie toku, prepínanie rýchlostí a pod.

2.2.2. Nahrávanie obsahu na server

Nahrávanie obsahu, ktorý má byť strímovaný je jeden z prvých krokov pri zriaďovaní strímovacej služby. Kódovanie býva často vyriešené už pri nahrávaní, alebo editovaní videa, a teda tento proces môže byť aj geograficky vzdialený od servera. Ak by mal byť stríming poskytovaný iba v rámci lokálnej siete, nie je potrebná chrbticová (backbone) internetová sieť, v opačnom prípade musí byť server umiestnený v blízkosti chrbticovej siete. Najľahšou cestou na nahranie videa na server je využitie protokolu FTP (File Transfer Protocol). Niektoré zariadenia umožňujú proces nahrávania (doručenia) na server vykonať automaticky už po ukončení kódovania.

2.2.3. Živý stríming

Živý stríming sa líši od poskytovania videa nahratého na CD-ROM-médiu. Zariadenie, ktoré dokáže automaticky po kódovaní videa poslať ho na server, tak môže urobiť dvoma spôsobmi: využitím TCP-protokolu (kontrolovaný prenos cez obojsmernú linku), alebo využitím UDP-protokolu (jednosmerná linka a menej spoľahlivý, rýchlejší prenos).

2.3. Kódovanie videa

Kódovanie videa je proces, v ktorom sa video zmení na súbor vhodný pre strímovanie, resp. transport či archiváciu. Na strane prijímateľa sa deje proces inverzný – dekodovanie. Kódovanie a dekodovanie sú výsledkom konkrétnych matematických algoritmov aplikovaných v softvéroch, často medzinárodne štandardizovaných. Spolu sa označujú ako kodeky.

Kódovanie sa uskutočňuje väčšinou v niekoľkých krokoch. Najprv je nutné video-signal konvertovať do súboru dát vhodných pre spracovanie na počítači (napr. súbor formátu AVI). Druhým krokom je redukcia dátovej rýchlosti škálovaním a kompresiou. Tretí a posledný krok predstavuje úprava komprimované-ho videa do paketizovaného formátu, ktorý je možné strímať prostredníctvom IP siete.

Dekódovacie procesy na prijímateľskej strane sa realizujú buď pomocou softvérov (kompatibilných dekodérov) nainštalovaných v počítači, alebo zabudovaných v koncovom zariadení určenom pre prehrávanie. Strímovací kodek je pritom asymetrický, pretože na vysielacej strane sa uskutočňujú náročnejšie operácie než na strane prijímacej. V snahe sprístupniť multimediálne súbory čo najširšiemu okruhu používateľov (s rôznymi web-prehliadačmi alebo prehrávacím softvérom) sa tieto generujú vo viacerých rôznych formátových verziách s použitím rôznych kodekov.

2.3.1. Kompresné metódy

Strímovanie je proces náročný na priepustnosť prenosového kanála. Pri Full HD formáte je to 1920 x 1080 pixelov na snímku, čo dnes (r. 2016) už nie je maximum. Kvôli čo najväčšej efektívnosti tohto procesu je potrebné zmenšiť objem prenášaných obrazových (video-) dát podľa možnosti bez straty pôvodnej informácie a bez ovplyvnenia plynulosti zobrazovaného deja (plynulosti pohybu). Pritom je potrebné brať do úvahy, že rýchlosť pohybu v rôznych scénach alebo v rôznych typoch videí sa môže výrazne líšiť (pomalé scény vs. pohyb lopty pri futbalovom zápase). Zníženie prenosovej rýchlosti, ktoré sa dosahuje použitím kompresných kodekov sa pohybuje v pomerne vysokých číslach (niekoľkotisíc-násobne) a stále je snaha tento faktor zvyšovať.

Škálovaním (spatial scalling – priestorové škálovanie), to znamená „prevzorkovaním“ vyššieho rozmeru snímky (rozlíšenia) na nižší, síce dosiahneme zníženie dátového objemu a prenosovej rýchlosti, avšak na úkor kvality zážitku pri prehrávaní takéhoto videa. Je známe aj tzv. časové škálovanie (temporal scalling), pri ktorom znižujeme počet snímok za sekundu. Výsledný efekt, najmä pri rýchlom pohybe na scéne, je tiež neuspokojivý. Niektoré kodeky preto používajú premenlivý počet snímok za sekundu (AVI, MP4, MPEG – video file, MPEG transport stream, a iné).

Kompresné kodeky pri zakódovaní pôvodného zdrojového bitového toku na jeho zmenšenie využívajú niekoľko ďalších vlastností obrazových a video-dátových súborov. Sú to nadbytočnosť (redundancia) a zbytočnosť (irelevancia) týchto dát, ktoré sa uplatňovaním istých transformačných metód “odstraňujú”.

Nadbytočnosť (redundancia) v obrazovej informácii si treba predstaviť ako rovnaké alebo veľmi málo odlišné číselné údaje o obrazových pixeloch veľkých hladkých plôch. V takom prípade nie je potrebné prenášať informáciu o každom pixeli; stačí napr. zaznamenať a prenášať hodnotu odtieňa, a počet pixelov s touto hodnotou.

“Zbytočnosť” (irelevancia) znamená, že niečo nie je potrebné. V prípade obrazového materiálu je zbytočné prenášať číselnú informáciu o drobných detailoch obrazovej textúry, alebo o nepatrných

rozdieloch farebných odtieňov, ktoré od určitej hodnoty nižšie už ľudské oko pri pozorovaní nie je schopné postrehnúť. Je preto výhodné tieto “zbytočné” detaily a rozdiely odstrániť ešte pred zakódovaním. Rovnaký prístup sa používa pri rozhodovaní a voľbe rozlíšenia (počet pixelov na snímku) vzhľadom na možnosti sieťového pripojenia, aktuálnej prevádzky na sieti, možnosti uskladnenia videa, vzdialenosť pozorovania a pod.

Odstraňovanie redundantnej a irelevantnej časti digitálnych dát pri kódovaní sa teda deje s ohľadom na konečný efekt pre ľudský zrakový systém (HVS – Human Visual System). Po dekompresii by HVS odstránenie spomínaných dát nemal postrehnúť v porovnaní s originálom. Voľba nižšieho stupňa rozlíšenia sa potom ďalej uskutočňuje s vedomým akceptovaním zníženia kvality reprodukcie obrazu alebo videa.

Iný je pohľad na stratovosť kompresných metód: odstránenie redundantných dát pri kódovaní nespôsobuje stratu informácie (*bezstratová metóda* – lossless method), no odstránenie irelevantných dát je metóda *stratová*, t.zn. že pri dekódovaní už tieto dáta nie je možné obnoviť.

V nasledujúcom texte opíšeme známe techniky kompresie video-dát.

2.3.1.1. RLC – Run Length Coding

RLC je jednou z najjednoduchších metód kompresie dát. Jej princíp je založený na využití opakovania symbolov dát, z čoho vyplýva jej vhodnosť pre dátové toky. RLC metóda má niekoľko možností realizácie. Vstupné dáta môžu byť napr. usporiadané do skupín, ktoré sú tvorené jednotlivými bajtmi. V MPEG-kompresnej metóde skupinu dát tvorí väčšie množstvo nulových symbolov, pričom sa prenáša informácia o nulovej hodnote koeficienta a o hodnote nasledujúceho nenulového koeficienta.

2.3.1.2. Kódovanie s premenlivou dĺžkou kódu

Táto metóda (VLC – Variable Length Coding – kódovanie s premenlivou dĺžkou kódu) využíva princíp štatistickej početnosti symbolov, na základe čoho vstupnú postupnosť symbolov nahradí novou postupnosťou, v ktorej sú najpočetnejšie symboly zastúpené najkratším kódom a najmenej početné najdlhším kódom. Ako príklad môžeme uviesť medzerník, ktorý sa v texte vyskytuje vo všetkých symboloch najčastejšie. Medzerník je preto zakódovaný najmenším možným počtom bitov. Najznámejšou VLC metódou je Huffmanovo kódovanie využívané v kóderi MPEG[3].

2.3.1.3. Priestorová transformácia

Dvojmerná transformácia (vnútrosnímková kompresia – intraframe compression), v technikách spracovania videosignálu označovaná ako priestorová (Spatial) používa pre zníženie počtu bitov štatistický prístup. Vstupný tok dát je vo výsledku reprezentovaný frekvenčnou hodnotou ich

výskytu. Pri eliminácii vysokých priestorových frekvencií (čiary, hrany, detaily) sa zohľadňuje citlivosť HVS na tieto priestorové frekvencie a súčasne snaha o zachovanie vysokej kvality pozorovania. Prah priestorového rozlíšenia ľudského oka je známy, a kodeky, ale aj všetky komerčné obrazové technológie túto informáciu s výhodou využívajú.

K známym metódam priestorovej transformácie patria diskretná kosínusová transformácia (DCT – Discrete Cosinus Transform) a tzv. vlnková transformácia (DWT – Discrete Wavelength Transform).

DCT vychádza z diskretnej Fourierovej transformácie (DFT – Discrete Fourier Transform) a je základom mnohých v súčasnosti používaných video-kompresných štandardov (JPEG, MPEG 1/2/4, resp. H.261/263/264/265, alebo voľne šíriteľný formát Theora). Najčastejšou veľkosťou kódovaných blokov pixelov je veľkosť 8 x 8, pre ktorú je DCT definovaná nasledovne [4]:

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u)C(v) \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 f(i, j) \cos\left(\pi u \frac{2i+1}{16}\right) \cos\left(\pi v \frac{2j+1}{16}\right) \quad (1)$$

a následne inverzná DCT (IDCT):

$$f(i, j) = \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 \frac{1}{4} C(u)C(v) \left(F(u, v) \cos\left(\pi u \frac{2i+1}{16}\right) \cos\left(\pi v \frac{2j+1}{16}\right) \right) \quad (2),$$

kde $f(i, j)$ sú hodnoty obrazových prvkov,

$F(u, v)$ sú hodnoty transformačných koeficientov,

$C(u) = 1/\sqrt{2}$ pre $u=0$, inak $C(u)=1$,

$C(v) = 1/\sqrt{2}$ pre $v=0$, inak $C(v)=1$,

$u, v = 1, 1, \dots, 7$,

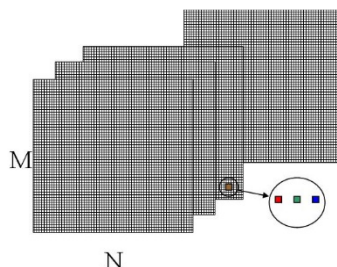
$i, j = 0, 1, \dots, 7$.

Pri tejto transformácii sú hodnoty obrazových prvkov po blokoch (v tomto prípade 8 x 8 prvkov) nahradené hodnotami transformačných koeficientov, z ktorých každý reprezentuje obrazové frekvencie (ich váhu, energiu alebo význam) v danom obrazovom bloku. Pritom váhy kombinácií najnižších horizontálnych a vertikálnych frekvencií sa nachádzajú v ľavom hornom rohu na príslušnom mieste dvojrozsmernej matice a najvyšších v pravom dolnom rohu. Pri pohľade na výsledok transformácie (a porovnaní s hladkosťou alebo hustotou textúry obrazového bloku) je väčšinou zjavný fakt uvedený vyššie, a to že vyššie frekvencie majú štatisticky nižšiu váhu, alebo inak, nižšiu energiu v obraze, vyskytujú sa menej často.

S týmto výsledkom sa potom pracuje pri ďalších krokoch kompresných metód, napr. pri kvantovaní, viď text ďalej.

2.3.1.4. Farebná reprezentácia a vzorkovanie, alebo „kompresia farieb“

V digitálnej podobe sú farby najčastejšie reprezentované súčtovým skladaním zložiek R, G, B (Red, Green, Blue, Obr. 8), každej s príslušnou intenzitou. Rozmer farebnej snímky je $M \times N$ pixelov (obrazových bodov).



Obr. 8 Ilustrácia k reprezentácii farby v digitálnom videu zloženom z jednotlivých snímok - súčtový model

Pri kódovaní každej zo súčtových zložiek 8 bitmi táto reprezentácia znamená pomerne veľké množstvo dát (3 zložky \times 8 bitov \times 1920 \times 1080 pixelov \times 25 snímok za sekundu = približne 1,25 Gbit video-dát na 1 sekundu), ktorých prenos a uskladnenie v úplnom počte je väčšinou nepredstaviteľné, a preto si tiež žiada efektívnu metódu šetriacu prenosovú rýchlosť aj kapacitu úložiska. Nehovoriac už o vyššom farebnom rozlíšení.

Historicky (kvôli prenosu signálu farebnej televízie) bol zavedený a používaný princíp prenosu informácie o jasovej zložke Y a o dvoch tzv. rozdielových zložkách $R-Y$, $B-Y$ (rozdiel hodnoty zložky červenej R , resp. modrej B a jasú). Zakódované je to nasledovne (štandard ITU-R BT.601):

$$Y = 0,587 G + 0,299 R + 0,114 B \quad (3)$$

$$C_R = R - Y \quad (4)$$

$$C_B = B - Y \quad (5),$$

kde Y je jasová zložka a C_R , C_B sú chrominančné zložky.

Táto reprezentácia sa používa aj dnes. V podstate už predstavuje istú kompresiu údajov o farebnom signáli, ktorý musel byť v minulosti interpretovateľný aj v podobe „čierno-bieleho“ (škála sivej) obrazu. Pre ČB televízne prijímače sa musela istým (zlučiteľným – kompatibilným) spôsobom prenášať aj informácia o jase. V tomto prípade ide o bezstratovú kompresiu, keďže farby a jas sú na prijímačej strane späťne bez straty interpretovateľné.

Okrem toho, v kódovaní $YC_R C_B$ sa v televízii neprenášalo rovnaké množstvo informácie o farbe, ako o jasovej zložke. Vertikálne áno, ale horizontálne mala farebná informácia iba polovičné rozlíšenie oproti zložke jasovej (na 4 údaje o jase pripadajú len 2 údaje o C_R a 2 údaje o C_B , čo sa

označuje ako „kódovanie 4:2:2“). Táto časť kódovania počíta s tým, že ľudský zrak je na farebné rozdiely menej citlivý než na jasové. Súvisí to so stavbou oka. Oko obsahuje väčší počet receptorov citlivých aj na nízku úroveň jasú (tyčiniek) a omnoho menší počet diferencovaných receptorov citlivých na odlišné vlnové dĺžky (čapíky, citlivé na krátke, stredné alebo dlhé vlnové dĺžky, teda modrú, zelenú alebo červenú), ktoré však potrebujú omnoho intenzívnejšie „budenie“ (viac fotónov) na to, aby poslali do mozgu signál. Teda pri princípe „kódovania“ $YCbCr$ ide väčšinou o stratové kódovanie, a hovoríme o tzv. „farebnom podvzorkovaní“. V rôznych súčasných kódovacích metódach sú však v tomto pomernom zložení jednotlivé zložky zastúpené rôzne. Používajú sa aj pomery 4:4:4 (bezstratové), ale aj 4:1:1 (vyššia stratovosť) [napr.5].

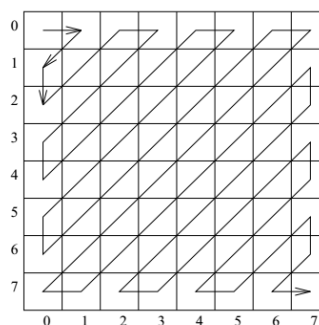
2.3.1.5. Kvantovanie

Kvantovanie je jednoduchá metóda pre kompresiu hodnôt DCT koeficientov bloku pixelov v snímke s regulovaným množstvom straty informácie. Zodpovedajúci počet bitov na príslušný koeficient sa nastaví kvantizačnou maticou (s veľkosťou zodpovedajúcou veľkosti bloku pixelov, teda napr. 8 x 8) s ohľadom na vnímanie jasovej informácie zo strany HVS. V pravom dolnom kvadrante matice sa nachádzajú čísla zodpovedajúce najvyšším frekvenciám v obrazovom signáli, teda „najdrobnejším zmenám“, ktoré sú štatisticky pre HVS najmenej významné, a teda sa môžu kvantovať s najväčšou stratou.

Skupina JPEG (Joint Photographic Experts Group) navrhla optimálnu kvantizačnú maticu QM_{50} (Obr. 9vľavo), kde číslo 50 symbolizuje strednú kvalitu a istú rovnováhu medzi kvalitou a mierou kompresie. Hodnoty z matice sa použijú podľa nasledujúceho princípu [6], [4]: každý DCT-koeficient sa podelí zodpovedajúcim prvkom kvantizačnej matice a výsledok sa zaokrúhli. Dostaneme pole kvantizovaných DCT-koeficientov, z ktorých väčšina má nulovú hodnotu (pri obrazovom bloku s prevládajúcimi hladkými plochami).

Koeficienty kvantizačnej matice možno užívateľsky upraviť tzv. škálovacím faktorom podľa žiadanej kvality v kompromise so znížením/zvýšením prenosovej rýchlosti. Pri zvýšení kvality obrázku dosiahneme nižší kompresný pomer, pri znížení naopak ušetríme prenášané dáta.

$$QM_{50} = \begin{bmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61 \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 55 \\ 14 & 13 & 16 & 24 & 40 & 57 & 69 & 56 \\ 14 & 17 & 22 & 29 & 51 & 87 & 80 & 62 \\ 18 & 22 & 37 & 56 & 68 & 109 & 103 & 77 \\ 24 & 35 & 55 & 64 & 81 & 104 & 113 & 92 \\ 49 & 64 & 78 & 87 & 103 & 121 & 120 & 101 \\ 72 & 92 & 95 & 98 & 112 & 100 & 103 & 99 \end{bmatrix}$$

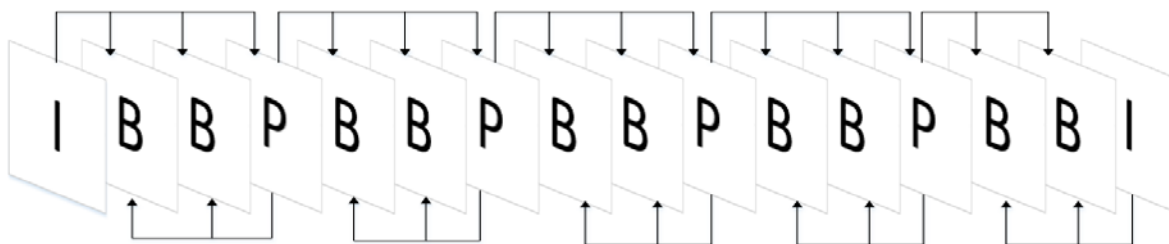


Obr. 9 Príklad kvantizačnej matice so strednou hodnotou kvality 50 (vľavo). Skenovanie cik-cak (vpravo).

Pri následnom kódovaní takejto matice, kde sa jednotlivým koeficientom priradujú kódové symboly (mapovanie) podľa definovaného kľúča, sa potom postupuje tzv. cik-cak (zig-zag) spôsobom, keďže jednotlivé koeficienty kvantizačnej matice sú korelované skôr po diagonálach než poriadkoch alebo stĺpcoch a aj priestorová frekvencia v snímke narastá takýmto spôsobom. To znamená, že skenovanie a spracovanie jednotlivých prvkov matice začína v ľavom hornom rohu na prvku q_{00} , pokračuje sa na pozície q_{01} , q_{10} , q_{20} , q_{11} , q_{03} , atď. (Obr. 9– vpravo).

2.3.1.6. Odhad pohybu

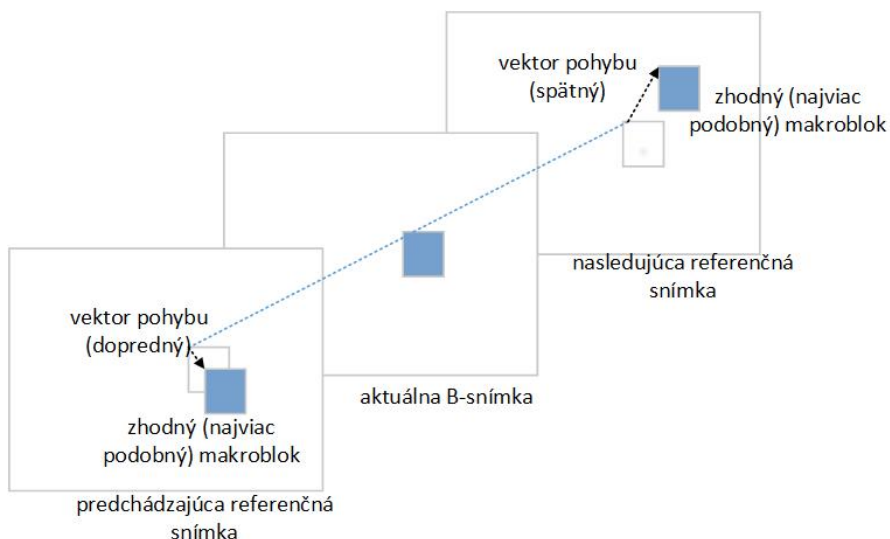
Metódy odhadu (estimácie) pohybu sú ďalším spôsobom aj krokom v kódovaní, znižujúcim veľkosť zakódovaných obrazových dát. Využíva sa tu skutočnosť, že v rámci jednej skupiny snímok (GOP - Group Of Pictures, Obr. 10) zobrazujúcich tú istú scénu, na ktorej prebiehajú isté zmeny / pohyb, sa jednotlivé po sebe nasledujúce snímky od seba líšia pomerne málo, a v podstate “stačí” uložiť informáciu o jednej – referenčnej snímke a nejakým spôsobom opísať len tú zmenu / pohyb, Obr. 5.



Obr. 10 GOP. Skupina snímok v obrazovej sekvencii. Ich vzájomná závislosť je naznačená šípkami.

V skupine snímok GOP v kompresných algoritmoch sa štartujúce snímky I kódujú a prenášajú celé (Intra-frame coding and compression), bez straty, s najvyššou kvalitou. Snímky P a B sa prenášajú iba v podobe rozdielov oproti referenčným snímkam (inter-frame coding). Snímky P sa pritom predikujú vzhľadom k predchádzajúcej snímke I, a snímky B sa predikujú obojsmerne, vzhľadom k predchádzajúcej snímke I, alebo P, a vzhľadom k nasledujúcej snímke I, alebo P.

Používajú sa aj sekvencie pozostávajúce výlučne z I snímok, čo znamená, že sú kódované s najvyššou kvalitou, no súčasne aj s najvyšším nárokom na prenosovú rýchlosť, resp. kapacitu média.



Obr. 11 Ilustrácia k odhadu pohybu na scéne (zmena pozície makrobloku v rámci snímky vzhľadom k referenčným snímkam)

Spôsobov pre kódovanie pohybu, ktoré sa postupne vyvíjali, bolo niekoľko. Najčastejší je nasledujúci: algoritmus pomocou minimalizácie strednej absolútnej chyby (MAE – Mean Absolute Error) vyhľadáva v susednej snímke, vo vymedzenej oblasti, zhodný makroblok, t. j. maticu pixelov rovnako zafarbených ako aktuálny makroblok v aktuálnej snímke. Zmena pozície nájdeného makrobloku (toho, ktorý vykazuje minimálnu MAE) je potom vyjadrená pomocou vektora pohybu. Tento údaj (vektor pohybu) pri kódovaní vlastne môže úplne nahradiť celú informáciu o farebnej a jasovej štruktúre príslušného makrobloku v susednej snímke. A v podstate takto môžeme celú snímku vyjadriť len v podobe vektorov (často aj nulových) vzhľadom k referenčnej snímke, resp. snímkam [3].

2.3.2. Encapsulation (zapuzdrenie)

Tento krok nasleduje po uplatnení niektorého / niektorých z predchádzajúcich matematických kompresných princípov. Komprimované dáta sú v rámci enkapsulácie rozdelené do skupín (IP-balíkov – paketov), sú k nim pridané hlavičky súvisiace s konkrétnym protokolom a nevyhnutné sprievodné (adresové, identifikačné a synchronizačné) údaje. Na tomto procese sa podieľajú jednak kóдеры, jednak servery. Kompletne pakety sú vyslané cez Internet k určenému cieľu, a je možné ich pohyb v sieti sledovať a riadiť (routrami, servermi).

2.3.2.1. IP-pakety

IP-paket (Internet Protocol packet) je základná jednotka internetovej správy, ktorá má svoje zloženie riadiace sa internetovým protokolom. Jeho hlavička (header) obsahuje špeciálne informácie ako adresu cieľa, verziu, a pod. Obr. 12.

Počet bitov [b]

4	4	8	16	32	8	8	16	32	32	Optional
---	---	---	----	----	---	---	----	----	----	----------

Legenda: Jednotlivé skupiny bitov zľava majú nasledujúci význam:

4 b – Version – číslo verzie internetového protokolu

4 b – IHL – Internet Header Length – celková dĺžka hlavičky

8 b – DSCP - Differentiated Services Code Point – typ služby a informácia o preťažení na routri

16 b – Celková dĺžka paketu (hlavička plus dáta)

32 b – Informácie o fragmentácii paketu počas prenosu (identifikácia paketu, povolenie, pozícia fragmentu)

8 b – Time to Live – nastavenie počtu preskokov (medzi routrami), ktorý je povolený. Po jeho prekročení sa paket zahodí.

8 b – Protocol – číslo protokolu najbližšej vyššej vrstvy, pre ktorý je paket určený

16 b - Header Checksum – kontrolný súčet hlavičky

32 b – Source Address – adresa zdroja

32 b – Destination Address – adresa cieľa

32 b – Optional – voliteľná časť, ak IHL > 5. Môžu tu byť informácie o zabezpečení, časových značkách a pod.

Obr. 12 Hlavička IPv4-paketu; celkovo ju tvorí 20 až 24 bajtov (1 bajt čiže 1B = 8 b).

Za hlavičkou nasledujú dáta obsahu, presnejšie časť týchto dát. Dĺžka tejto časti môže byť pevne daná alebo premenlivá od určitého minima po maximum. Veľkosť paketov má vplyv na efektívnosť prenosu video-signálu a je predmetom hľadania kompromisu. Pri dlhých paketoch má hlavička menšie percentuálne zastúpenie, a je zrýchlený proces spracovania paketov. Pri kratších paketoch je ich strata menej škodlivá než pri dlhších, vykazujú kratšiu odozvu, a sú menej fragmentované.

2.4. Kompresné kódovacie štandardy

Vyššie uvedené kompresné metódy sú súčasťou kompresných kódovacích videoštandardov. Medzinárodne používané štandardy (tiež „odporúčania“- Recommendations) boli vypracované skupinami vedcov. Štandardy MPEG, o ktorých bude reč, vypracováva skupina VCEG (Video Coding Experts Group) pracujúca v rámci ITU (International Telecommunication Union - Medzinárodná telekomunikačná únia) spolu s ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (International Organization for Standardization), známou tiež ako MPEG (Moving Picture Experts Group). Skupina MPEG sa vytvorila v roku 1988, VCEG v roku 1997, a spolu tvoria od roku 2001 tím JVT (Joint Video Team), ktorého spoločným produktom je štandard H.264.

Historicky a kvalitatívne vyššie - ďalšie štandardy (H.265 a MVC) využívajú už známe metódy, tentokrát ale aplikované, zdokonalené a prispôbené jednak pre poskytovanie snímok s vysokým a ultravysokým rozlíšením (HD, FullHD, 4K, atď.), jednak pre 3D zobrazovanie, hĺbkové zobrazovanie, televíziu s voliteľným uhlom pohľadu (FVT – Free Viewpoint TV) a viacpohľadové video (MVV – MultiView Video).

Jednotlivé, postupne zavádzané digitálne kódovacie štandardy sú opísané v nasledujúcom texte.

2.4.1. H.120

Tento štandard bol prvý digitálny, vyvinutý v roku 1984 pre kódovanie televízneho signálu PAL a NTSC. Nemal však veľký úspech. Používal diferenciálnu PCM, aplikovanú po jednotlivých pixeloch v každej snímke, čo síce poskytovalo dobrú priestorovú kvalitu, nie však kvalitu zobrazovaného pohybu. Za týmto štandardom nasledovali už kodeky pracujúce na báze blokov pixelov [5].

2.4.2. H.261

Tento kodek bol už všeobecne rozšírený a podporovaný technickými zariadeniami. Bol vydaný v roku 1988, a bol prvým z rodiny H.26x. Bol určený pre linky sietí ISDN (Integrated Services Digital Network), v rámci ktorých boli poskytované dátové rýchlosti v násobkoch 64 kbps. Kódovací algoritmus používal medzislímkovú predikciu s kompenzáciou pohybu (s makroblokmi 16 x 16), priestorovú transformačnú metódu DCT s blokmi 8 x 8, skalárnu kvantizáciu, zig-zag skenovanie a kódovanie typu VLC [5].

2.4.3. MPEG-1

Štandard MPEG-1 bol vytvorený v roku 1993, používal sa v televízii NTSC (352 x 240 bodov) a PAL (352 x 288 bodov) pri rýchlostiach 1,5 Mbps. Vyznačoval sa vyššou obrazovou kvalitou, blízko kvalite VHS, a vyššou rýchlosťou v porovnaní s H.261. Hlavnou aplikáciou, na ktorú bol zameraný, bolo ukladanie videa na multimédiá (CD-ROM).

2.4.4. MPEG-2

Tento kompresný štandard bol spoločným dielom skupín MPEG a VCEG, bol zavedený v roku 1994 a stal sa štandardom nielen pre ukladanie videa (DVD), ale podporoval aj vysielanie vo formátoch s prekladaným (interlaced) riadkovaním (televízne štandardy DVB). Zariadenia pre prehrávanie formátu MPEG-2 dokázali dekódovať aj MPEG-1 (boli kompatibilné s MPEG-1).

Metóda kódovania v MPEG-2 spočíva v niekoľkých krokoch: digitálne snímky (matice obrazových bodov - pixelov) sa rozdelia na bloky 8 x 8 pixelov. V prípade snímok I sú potom všetky vzorky blokov prevedené do frekvenčnej oblasti a následne kvantizované aplikovaním kvantizačnej matice. V nasledujúcom kroku sú metódou cik-cak koeficienty matíc blokov preusporiadané na bitovú sekvenciu, ktorá je podrobená entropickému kódovaniu (RLC, Huffman). Výsledný bitový tok je multiplexovaný s doplňujúcimi informáciami a ukladaný v buffri. Snímky P a B sú estimované metódou odhadu pohybu.

2.4.5. H.263, H.263+, H.263++

Štandardy s týmto označením boli kodekmi pre videokonferencie. Boli vyvinuté skupinou VCEG v ITU-T postupne v rokoch 1995, 1997 a 2000. Prvý z nich používal metódy ako 3D VLC-kódovanie

koeficientov DCT, mediánovú predikciu pohybových vektorov, bidirekcionálnu predikciu a aritmetické entropické kódovanie. Nasledujúce verzie priniesli zlepšenie v odolnosti voči chybám a v stratovosti paketov, v kompresnej účinnosti a výrazné zlepšenie kvality snímok.

2.4.6. MPEG-4

Štandard MPEG-4 bol vydaný v roku 1998 a jeho „Verzia 2“ (Part 2) – plne spätne kompatibilná, v roku 2000. Verzia 2 má približne 21 profilov, od nízkej kvality a nízkeho rozlíšenia pre bezpečnostné kamery (surveillance cameras) po vysoké rozlíšenie (HD) pre televíziu (HDTV) a videá s vysokým rozlíšením (ukladané napr. na DVD) [5].

2.4.7. H.264/MPEG-4 Part 10/AVC

Štandard s týmto označením vznikol spoločným pôsobením skupín ITU-T-VCEG a MPEG (spolu tvoria JVT) v roku 2001. Používajú sa aj jeho skrátene názvy AVC (Advanced Video Coding), H.264, alebo H.26L („Long term“ - pôvodné označenie z r. 1998, kedy sa začali práce na ňom). H.264 využíva len 50%-nú bitovú rýchlosť oproti predchádzajúcim štandardom vďaka výrazne zvýšenej kompresnej účinnosti, podporuje flexibilné kódovanie a organizáciu dát pre zvýšenie odolnosti voči chybám. To všetko sa však deje na konto výpočtovej zložitosti [5].

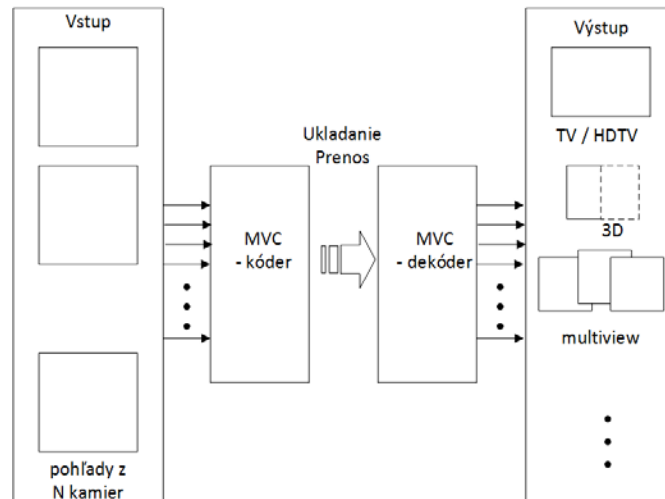
Nové prvky v tomto štandarde v porovnaní s predchádzajúcimi sú nasledovné:

- vylepšená metóda odhadu pohybu (multisnímková predikcia, quarter pixel motion vector, makrobloky rozdelené do 7 rôznych typov blokov s vlastným vektorom pohybu, zvýšenie účinnosti kódovania vďaka dlhšej štruktúre GOP)
- vylepšená medzisnímková predikcia: Predikované bloky sú tvorené na základe už skôr zakódovaných a zrekonštruovaných blokov pomocou jedného z 9 režimov.
- nová metóda entropického kódovania: kódovanie CAVLC (Content-AdaptiveVLC) – kombinácia adaptívneho Huffmanovho kódovania; Exp-Golomb-kódovania, CABAC (Content-Adaptive Binary Arithmetic Coding) – priradenie kódu k sekvencii symbolov
- deblokový filter – vyhladenie hrán v blokoch, takže subjektívne vnímanie obrazu je lepšie; rovnaká metóda je použitá po inverznej transformácii v kodéri pre elimináciu drobných nedostatkov predikcie.

V roku 2009 a 2010 vyšli nové vydania štandardu H.264 [3], ktoré obsahovali kódovaciu a dekódovaciu metódu pre viacpohľadové video (MVV - MultiView Video), čiže kódovanie MVC.

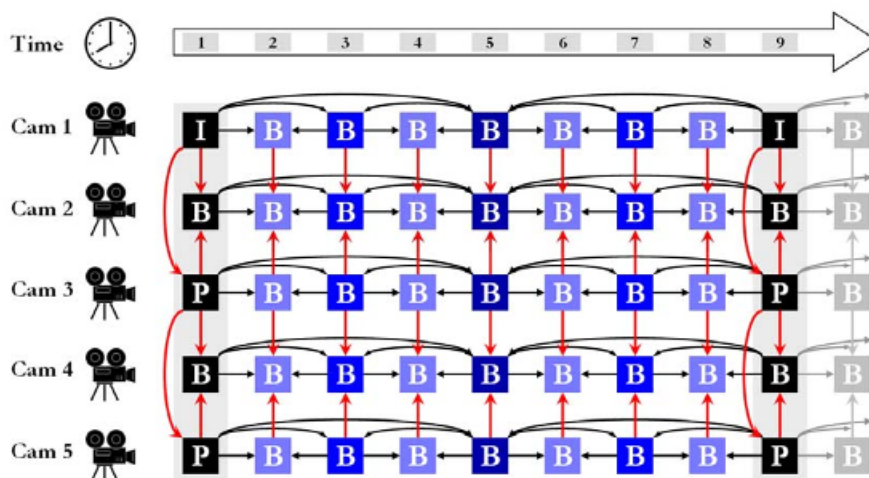
2.4.8. MVC - Kompresné kódovanie viacpohľadového videa

Kódovanie MVC (Multiview Video Coding) bolo pod týmto označením publikované už okolo roku 2007, napr. [7], a na kompresiu vysokokapacitných dát využívalo princípy definované v štandarde AVC (Advanced Video Coding).



Obr. 13Všeobecná štruktúra systému MVC

Metóda, okrem vnútrosnímkovej (*intraframe*) a medzsnímkovej (*inter-frame*) predikcie v rámci jednej sekvencie snímok (jeden pohľad, z jednej kamery), aplikuje aj tzv. *medzipohľadovú* (*inter-view*) predikciu, keďže videosekvencie získané zo systému navzájom susedných, mierne pootočených kamier, snímajúcich tú istú scénu, obsahujú vysokú mieru podobnosti. Na Obr. 14 je znázornená schéma MVV-kódovania s využitím časovej predikcie s hierarchickými B-snímami (čierne šípky; čím tmavšia modrá, tým vyššia úroveň v hierarchii; B-snímka s nižšou úrovňou môže byť kódovaná iba pomocou snímok s vyššou úrovňou) a medzipohľadovej predikcie (červené šípky).



Obr. 14 Schéma MVV-kódovania s využitím časovej predikcie s hierarchickými B-snímky (čierné šípky) a medzipohľadovej predikcie (červené šípky)[8].

Pri kódovaní viacpohľadového (MVV – MultiView Video) videa do kódera vstupujú časovo synchronizované video-strímy z týchto viacerých kamier, a kóder generuje 1 komprimovaný strím (Obr. 13) [7]. Na užívateľskej strane tohto systému je po dekódovaní N-videosignálov využitých na zobrazenie s vysokým rozlíšením (HDTV), prípadne na 3D-zobrazenie alebo na viacpohľadové zobrazenie poskytujúce možnosť výberu uhla pohľadu.

Základný pohľad je kódovaný pomocou nemodifikovanej syntaxe H.264/AVC, takže ho môžu dekódovať aj staršie dekódery. Vyššiu úroveň syntaxe tvorí medzipohľadová predikcia, ktorá využíva podobný princíp ako kompenzácia pohybu pri medziskómkovej predikcii. Do zoznamu referenčných snímkov, ktorý danú dekódovanú snímku (vektory) sprevádza, sa tak dostanú nielen snímky z príslušného dekódovaného pohľadu, ale aj z referenčných pohľadov. Efektívnosť procesu zvyšuje aj aplikácia hierarchickej predikčnej štruktúry, vyvinutej už predtým skupinou IVCG (Image and Video Coding Group). Opísaná metóda vrátane signalizačného mechanizmu bola vyvinutá spomenutou skupinou výskumníkov spolu so skupinou 3D Coding Group.

2.4.9. H.265/HEVC

High Efficiency Video Coding (HEVC) [9] je štandard opäť vyvinutý spoločným tímom JVT a schválený v r. 2013 v ITU-T pod technickým označením ISO-IEC 23008-2. V jeho špecifikáciách je polovičná bi-tová rýchlosť oproti H.264 pri rovnakej obrazovej kvalite, alebo výrazne vyššia kvalita pri rovnakej bitovej rýchlosti, využitie v 3D a vo viacpohľadových aplikáciách. Umožňuje prenos a kvalitný zážitok pri sledovaní najnáročnejších videí a strímov (UHD typu 4K alebo 8K).

Metódy, vďaka ktorým sa dosiahlo také výrazné zlepšenie parametrov, sú nasledovné:

- rozdelenie snímky na bloky rôznych veľkostí – od veľkých až po veľmi malé – podľa zložitosti textúry v danej časti obrazu,
- vyššia flexibilita v predikovacích režimoch a transformovaní veľkosti blokov,
- sofistikovanejšia interpolácia a deblokový filter,
- presnejšie „intra-prediction“ - kódovanie pohybových vektorov (35 vnútrostrímkových smerov oproti 9 smerom v H.264),
- nová metóda pre zlepšenie inter-predikcie (medziskómkovej predikcie) – Adaptívna predikcia pohybových vektorov,
- funkcie podporujúce účinné paralelné (viacjadrové) spracovanie.

Z uvedeného vyplýva, že opäť ide o ďalšie zvýšenie výpočtovej náročnosti oproti predchádzajúcim štandardom.

Z doteraz známych metód sa naďalej využívajú diskretná kosínusová transformácia (DCT) a diskretná sínusová transformácia (DST), tentokrát aplikované na bloky s veľkosťou 64 x 64, 32 x 32, 16 x 16, 8 x 8 alebo 4 x 4. Využíva tiež škálovateľnosť, podobne ako štandard H.264. Vďaka spomínaným prednostiam a kvalitám je tento štandard kandidátom na nahradenie starších verzií v digitálnom terestriálnom a satelitnom broadcaste, v rôznych ďalších aktuálnych aj budúcich sieťových prostrediach, ako aj v ukladaní na médiá typu DVD a Blu-ray Discs.

Multiview rozšírenie uviedla druhá verzia tohto štandardu (V.2, Annex G), a vysokovýkonné 3D video-kódovanie aktuálne najnovšia - tretia verzia (3D-HEVC, Annex I) [9] HEVC-štandard teda obsahuje špecifikáciu pre kódovanie textúry a hĺbkových máp, získaných viackamerovým snímaním a určených pre 3D a „multiview“ video-aplikácie. V tomto zmysle pribudli nové profily s označením Multiview Main, resp. najnovší 3D-Main.

2.4.10. Kompresný kodek Theora

Aj voľne šíriteľné, nepatentované a nelicencované kodeky pre digitálne video sa snažia držať krok vo výkonnosti a efektívnosti s oficiálne štandardizovanými. Tento, od firmy Xiph.org Foundation bol vyvinutý ako nelicencovaný konkurent formátov MPEG-4 (XviD a DivX), Real Video, Windows Media Video a ďalších. Zverejnený bol v roku 2008. Kompresne kóduje video, a spolu s digitálnym audio-signalom, kódovaným vo Vorbis vytvára transportný formát Ogg [10]. Tiež pozná škálovateľnosť (od malých veľkostí po HD-rozlíšenie). Špecifikácia [11] z roku 2011 hovorí o komplexnom kódovaní zohľadňujúcom psycho-vizuálny efekt a o jednoduchšom dekódovaní.

Kompresný algoritmus Theora je veľmi podobný tomu v MPEG-4 Part 2. Využíva transformáciu DCT s kvantovaním koeficientov aplikovanú na bloky 8 x 8, medzisímkovú doprednú predikciu blokov po-mocou vektorov pohybu (iba snímky I a P), entropické kódovanie pomocou VLC a Huffmanovej schémy, strímované dáta však majú inú organizáciu [11]. Podporuje vzorkovanie farby 4:4:4, 4:2:2 a 4:2:0, iba farebný priestor RGB a jediný video kanál. Nepodporuje prekladané riadkovanie (i keď sa s ním v budúcnosti počíta), premenlivú rýchlosť snímok, ani „bitovú hĺbku“ väčšiu ako 8 bitov na zložku.

2.5. Typy strímov MPEG

Rozlišujeme 3 typy strímov (reťazcov, tokov) prenášajúcich dáta kódované podľa medzinárodných štandardov MPEG, ktoré ďalej vymenujeme a krátko opíšeme.

2.5.1. Elementárny reťazec

Tento reťazec dát je takpovediac surový, ešte nespracovaný tok dát, vystupujúci z video a audio kódera typu MPEG. Obsahuje iba jeden typ dát (audio alebo video); to znamená, že ak sa má

prenášať audio aj video-informácia, prenášajú ju 2 elementárne reťazce. Okrem toho sa v elementárnom reťazci nachádzajú špeciálne dáta potrebné pre dekóder, ako sú typ videonímok, indikácia pozície každého dátového bloku na obrazovke a pod..

2.5.2. Paketizovaný elementárny reťazec - PES

PES (Packetized Elementary Stream) vzniká rozdelením dát elementárneho reťazca do paketov premenlivej dĺžky a doplnením ich hlavičiek. Hlavičky paketov obsahujú číslo, označujúce kód, ktorý bol zdrojom elementárneho reťazca. V prípade, že sa kombinujú audio a video elementárne reťazce, musí byť tiež jasné, ako ich spolu zosynchronizovať. Niektoré hlavičky reťazca PES obsahujú časové značky (time stamps), a to prezentačné (PTSs – Presentation Time Stamps) alebo dekódovacie (DTSs – Decode Time Stamps). Slúžia na určenie času, kedy má dekóder snímku zobrazíť, resp. dekódovať.

2.5.3. Programový reťazec

Tento typ strímu je formovaný z viacerých typov paketizovaných elementárnych reťazcov, ku ktorým je pridaný synchronizačný časový signál. Je vytváraný pre podporu úloh produkcie a záznamu. Tvorí ho kombinácia video strímu, viacerých audio-strímov a súvisiacich dát, ako je druhá zvuková jazyková verzia a komentáre, meta-dáta videa a programového strímu, riadiace informácie potrebné pre záznamové alebo prehrávacie zariadenia (napr. typu DVD). Programový strím môže mať rôzne a premenlivé nároky na prenosovú rýchlosť, a väčšinou využíva dlhé pakety.

2.5.4. Transportný reťazec - TS

TS (Transport Stream) je ďalšia možnosť ako kombinovať viacero paketizovaných reťazcov do jedného strímu. Oproti programovému reťazcu je tu rozdiel v tom, že TS je pripravený na prenos cez sieť, obsahuje pakety definovanej dĺžky (188 bajtov), pričom jeden paket obsahuje dáta iba z jedného typu elementárneho reťazca (t. j. video, zvuk alebo dáta), nie ich kombináciu. Pakety tohto strímu môžu mať dopredné protichybové zabezpečenie (FEC – Forward Error Correction) realizované napr. použitím RS (Reed-Solomon) kódu.

Viac paketov (obvykle až 7) TS-reťazca môže tvoriť IP-paket. Cez Ethernet (štandard IEEE 802.3) môže byť bez fragmentácie prenášaný IP-paket maximálnej dĺžky 1500 bajtov.

2.5.5. Referenčné hodiny (Program Clock References - PCR)

PCR je skupina 33 bitov, ktorá musí byť vkladaná periodicky do každého transportného reťazca. MPEG dekóder to využíva pre synchronizáciu s 27 MHz-hodinami, ktoré sú v komprimovanom kóde videa. Synchronizáciou sa má zabrániť stavom zvaným buffer underflow a buffer overflow

(„podtečenie“, resp. pretečenie vyrovnávacej pamäte, t.j. málo alebo príliš veľa dát na spracovanie), spôsobujúcim chyby vo videu.

2.6. Chyby videa

2.6.1. Kompresné artefakty

Väčšina algoritmov v rôznych kompresných štandardoch je dosť podobná. Obsahujú kvantovanie, ktoré je jedným zo zdrojov chýb vo videu, ďalším je predikcia pohybu a nakoniec aj vplyv veľkosti vyrovnávacej pamäte. Typické vizuálne chyby (artefakty) vyskytujúce sa v komprimovanom videu v dôsledku stratovej kompresie sú nasledovné:

- „Štvorčekovanie“ (blokový efekt) – čiže ostré prechody medzi blokmi (väčšinou 8 x 8 pixelov) - je spôsobené nezávislým kvantovaním jednotlivých blokov v kódovacom systéme s použitím DCT. Tento artefakt sa vyskytuje najčastejšie a je najviac viditeľný. Kodek H.264 sa ho snaží potlačiť tzv. deblokovacím filtrom.
- Rozostrenie hrán („blur“ – rozmazanie) a strata detailov sú spôsobené hrubým kvantovaním a potlačením vysokofrekvenčných koeficientov.
- „Color Bleeding“ – roztieranie farieb medzi oblasťami s výrazným zafarbením - je dôsledkom potlačenia vysokofrekvenčných koeficientov farebnej zložky. Vzhľadom k farebnému podvzorkovaniu sa tento efekt prejavuje v celom makrobloku.
- „Slanted Lines“ – stupňovité šikmé čiary (schodíky) sú výsledkom toho, že DCT je orientovaná na vertikálne a horizontálne čiary, nie však na ostatné smery.
- „Ringing“ – zázneje – efekt spojený s tzv. Gibbsovým javom (oscilácie v skokovej odpovedi filtra), ktorý sa prejavuje na vysokokontrastných hranách susedných hladkých plôch, a to ako pri jasovej, tak pri farebných zložkách. Vizuálne ide o objavenie sa ďalších, „falošných“ hrán okolo hrany skutočnej.
- „Jagged motion“ - trhavý pohyb – vyskytuje sa v dôsledku nesprávneho odhadu pohybu. Tento odhad funguje dobre iba vtedy, keď sú všetky pixely v bloku identické.
- „Mosquito noise“ – optický efekt lietajúceho hmyzu (komárov) v blízkosti hrán, keď sa v dôsledku blokového spracovania okolo pohybujúcich sa hrán objavia rozmazané body s premenlivou intenzitou. Tento typ šumu sa môže vyskytnúť aj v prípade spracovania snímok s pôvodnou výraznou zrnitosťou.
- „Chrominance mismatch“ - chrominančný nesúlad – môže sa objaviť na hranách blokov ako dôsledok odhadu pohybu iba na základe jasovej zložky.
- „Flickering“ – blikanie – objavuje sa v rámci snímky alebo pri prechode zo snímky na snímku ako dôsledok blokového spracovania obrazu s vysokým kontrastom obrazovej

štruktúry, keď sú rôzne bloky komprimované a kvantované rôznymi kvantovacími koeficientmi v rámci snímky, alebo v rámci skupiny snímok.

- „Aliasing“ – objavenie sa falošných opakovacích frekvencií v obraze pri nesplnení Nyquistovej podmienky pri vzorkovaní.

2.6.2. Chyby spôsobené prenosom

Dátový prenos je ďalším zdrojom porúch a chýb. Ide väčšinou o paketový prenos po vodičových alebo bezdrôtových cestách, organizovaný transportnými protokolmi ATM alebo TCP/IP. Pakety okrem samotných dát obsahujú „hlavičku“ (header) s riadiacimi údajmi (čas, organizácia dát a pod.). Väčšina aplikácií pracujúcich so strímovaným obsahom potrebuje možnosť spracovať dáta ihneď po ich prijatí. Dáta však môžu byť postihnuté buď stratou určitej ich časti alebo neprijateľným oneskorením, čo pre koncové dekódovacie zariadenie môže predstavovať problém. Výsledný efekt vo videu sa prejaví v podobe rôznych chýbajúcich častí obrazu.

2.6.3. Poruchy spôsobené inými príčinami

Pred alebo po kompresnom procese môže byť video ovplyvnené ešte ďalšími operáciami:

- konverziou medzi digitálnou a analógovou časťou,
- farebným podvzorkovaním,
- konverziou snímok medzi rôznymi formátmi,
- deinterlacingom, t.j. procesom, ktorý mení polsnímkový prekladaný formát („i“ – interlaced - prekladané riadkovanie párnych a nepárnych polsnímok) na progresívny („p“), teda neprekladaný (napr. konverzia medzi 25 snímkovým i-formátom na 60 snímkový p-formát).

2.7. Hodnotenie kvality videa

Procesy, ktorým videá podliehajú, väčšinou spôsobujú zmeny v ich kvalite, a tento fakt je pri vývoji technológií potrebné tiež vyhodnotiť. Vývojom a štandardizáciou vyhodnocovacích procesov kvality videa sa okrem iných zaoberá skupina expertov VQEG (Video Quality Expert Group) podliehajúca organizácii ITU. Podrobne sa rôznym aspektom vyhodnocovania kvality venujú viaceré vedecké práce aj ucelené knižné publikácie, napr. [12].

Pre vyhodnotenie kvality videa sa používajú objektívne aj subjektívne metódy. Pod objektívne zahrňame výpočet číselných parametrov, ktoré na prvý pohľad nič nehovoria o subjektívnom vnímaní kvality ľudským zrakom (HVS), a potom aj tie, ktoré boli vyvinuté s cieľom priblížiť sa vnímaniu HVS.

Postup a pravidlá *subjektívnych metód* hodnotenia kvality obrazu napr. v televízii (technické podrobnosti prehrávania, miestnosť sledovania a všetko, čo s ňou súvisí, atď.) sú stanovené medzinárodným odporúčaním (ITU-R BT.500 Recommendation). Výstupným hodnotiteľom je pri nich človek, resp. určitý počet ľudí, ktorých známkové hodnotenie je nakoniec premenené do výslednej číselnej hodnoty (kritérium DSCQS - Double Stimulus Continuous Quality Scale – hodnota v škále od 0 % - najlepšia kvalita, bez chýb, do 100% -najhoršia kvalita). Pri tomto posudzovaní hodnotiace osoby sledujú striedajúce sa úseky hodnoteného a originálneho videa vždy oddelené časovou medzerou, a kvalitu známkujú. K náročnosti tejto metódy prispieva okrem iného aj únava hodnotiacich osôb, ktorá sa zákonite musí dostaviť pri dlhšie trvajúcim hodnotiacom režime.

Objektívne hodnotiace kritériá od prítomnosti človeka nezávisia. Patria k nim parametre opísané v nasledujúcom texte. Najznámejšími a najpoužívanejšími sú kritériá MAE, MSE (Mean Square Error) a PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio).

2.7.1. MAE

Mean Absolute Error – stredná absolútna chyba vypovedá o zmene (rozmazaní) hrán a detailov v obraze. Pre jej výpočet môžeme použiť nasledujúcu metódu - viď rovnice 5 a 6. Do vzorca pritom vstupujú buď hodnoty jasu alebo chrominančných zložiek jednotlivých pixelov v snímkach videosekvencie.

$$MAE_{seq} = \frac{1}{F - 2l} \sum_{n=l+1}^{F-l} MAE_n \quad (5)$$

$$MAE_n = \frac{1}{(M - 2m)(N - 2m)} \sum_{i=m+1}^{M-m} \sum_{j=m+1}^{N-m} |y_{i,j} - o_{i,j}| \quad (6),$$

kde je použitá nasledovná symbolika:

seq – sekvencia snímkov

F- počet snímkov v sekvencii,

L - počet okrajových snímkov, ktoré sa do výpočtu chyby nezarátavajú,

n – číslo snímky,

M – počet riadkov v snímke,

N – počet stĺpcov v snímke,

m, n – počet pixelov v riadku, resp. v stĺpci snímky, ktoré sa do výpočtu chyby nezarátavajú,

y – hodnota signálu v pixeli v posudzovanej sekvencii,

o – hodnota signálu v pixeli v originálnej (referenčnej) sekvencii.

2.7.2. MSE

Znehodnotenie šumom a škvrnami v obraze, resp. úspešnosť ich potlačenia (filtráciou) sa najčastejšie vyhodnocuje na základe strednej kvadratickej chyby MSE (Mean Square Error):

$$MSE = \frac{1}{(M - 2m)(N - 2m)} \sum_{i=m+1}^{M-m} \sum_{j=m+1}^{N-m} (y_{i,j} - o_{i,j})^2 \quad (7)$$

so symbolikou zhodnou s predchádzajúcim odstavcom.

2.7.3. PSNR

Peak Signal-to-Noise Ratio – vrcholový pomer signál/šum býva zaujímavé posúdiť vzhľadom k dynamickému rozsahu signálu vo videosekvencii.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{y_{\max}^2}{MSE} \quad (8)$$

Označenie y_{\max} je použité pre hodnotu maximálnej úrovne signálu (dynamický rozsah) a MSE je stredná kvadratická chyba medzi originálnym (referenčným) a posudzovaným videom.

2.7.4. SSIM

Postupne sa vyvíjajú a aj používajú viaceré objektívne, teda výpočtárske kritériá, ktoré sa snažia priblížiť hodnoteniu kvality videa ľudským zrakom a zároveň byť nezávislé od prítomnosti hodnotiacich osôb, ich subjektívnych schopností alebo ťažkostí. Napríklad takzvané štrukturálne kritérium (SSIM – Structural SIMilarity – štrukturálna podobnosť) sa o to snaží na základe vyhodnotenia štrukturálnej podobnosti originálnej a poškodenej videosekvencie. Je to matematické kritérium blízke výpočtu korelácie, opierajúce sa o fakt, že kvalitu videa ľudský zrak posudzuje najmä na základe kvality (zachovania) hrán a detailov (štruktúry, textúry), a kvality zobrazenia pohybu (zachovania jeho hladkosti a prirodzenosti).

Výpočet indexu SSIM *šedej snímky* možno uskutočniť nasledovným postupom [13], [14]:

$$SSIM(x, y) = \frac{2(\mu_x \mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (9).$$

Jednotlivé parametre vstupujúce do tohto vzťahu sa vypočítajú podľa rovníc nižšie. Ide o výpočet štatistického priemeru μ , disperzie σ^2 oboch signálov (x - posudzovaného a y – referenčného, oboch zložených z hodnôt jasú jednotlivých pixelov snímky) a kovariancie σ_{xy} :

$$\mu_x = \frac{1}{n} \sum_n x_i, \quad \mu_y = \frac{1}{n} \sum_n y_i \quad (10), (11)$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_n (x_i - \mu_x)^2, \quad \sigma_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_n (y_i - \mu_y)^2 \quad (12), (13)$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum_n (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y) \quad (14)$$

Koeficienty C_1 , C_2 sú nastaviteľné užívateľom, okrem iného aj podľa dynamického jasového rozsahu, a majú zabrániť nestabilite výpočtu pri hladkých plochách alebo pri veľmi nízkom jase. Štatistický priemer μ a štandardná odchýlka σ úzko súvisia s jasom v danej obrazovej oblasti, resp. s kontrastom. Kovariancia σ_{xy} je funkciou lineárnej korelácie medzi signálmi x , y . Takýmto spôsobom vypočítané kritérium nadobúda hodnotu od 0 do 1 (od najhoršej kvality posudzovaného obrazu alebo videa po najlepšiu), čo sa blíži stupňu kvality vnímanému ľudským zrakom.

Výpočet vyhodnotenia kvality *farebných obrazov a videosekvencií* je kombináciou aplikácie týchto vzorcov, váh jednotlivých zložiek signálu (jas a farebné rozdielové zložky) a snahy znížiť výpočtovú náročnosť pri množstve údajov, aké celé farebné video predstavuje.

2.7.5. Vyhodnocovanie kvality bez referencie

Predchádzajúce metódy vyhodnocovania kvality videa využívali porovnanie s referenčným, originálnym alebo nepoškodeným videom. Nie vždy je však referenčné video k dispozícii, a potom sa musí hľadať iný spôsob vyhodnocovania. Navrhovanie metód a algoritmov v snahe napodobniť mozgové vyhodnocovacie procesy je ťažké aj z dôvodu nedostatočného poznania HVS.

Najväčším zdrojom skreslenia videa sú chyby spôsobené transformáciou DCT, ktoré sa snaží väčšina bezreferenčných algoritmov vyhľadávať. Tieto artefakty sú opísané v jednej z predchádzajúcich kapitol.

3. Kódovanie zvuku

Zvuk sa zväčša komprimuje spolu s videom, a je pritom potrebné zvoliť zvukový formát a nastaviť jeho parametre. Zvukový súborový formát predstavuje určitú formu reprezentácie digitálnych zvukových údajov. V každom kódovacom programe je potrebné nastaviť určité zvukovo-konfiguračné parametre, preto im treba rozumieť. Napr. pri produkcii H.264 videa sa zvuk zakóduje v jednej z troch vrstiev Advanced Audio Coding (AAC) a pri vzorkovaní je možné nastaviť nasledujúce parametre:

- *Dátová rýchlosť* – Množstvo dát za sekundu, väčšinou vyjadrená v kilobitoch za sekundu (kbps). Často napr. 64 kbps. Ak je obsah súboru výhradne audio, dátová rýchlosť 32 alebo 64 kbps by mala úplne postačovať aj pre priestorovú reprezentáciu. Vysoká audiokvalita pri nahrávaní živej hudby znamená 96 alebo až 128 kbps; vyššiu používa málokto z producentov [1].
- *Vzorkovacia frekvencia* – Koľkokrát za sekundu je zvuk vzorkovaný. Väčšina audio súborov, ktoré kódujeme, začína v analógovej podobe. Čím viac (hustejšie) sa navzorkuje analógový zdroj, tým presnejšia bude jeho digitálna podoba. Najnižšie hodnoty vzorkovacej frekvencie sa používajú pri digitalizácii telefónneho hovoru (bežne je to 8 kHz). Ďalšou z najnižších používaných hodnôt vzorkovacej frekvencie sú 11,025 kHz a 22,05 kHz. Odporúčaná vzorkovacia frekvencia pre kvalitnú nahrávku je 44,1 kHz (kvalita používaná na nahrávanie CD-nosičov [1]) a viac. Vzorkovacia frekvencia teda závisí od rôznych faktorov, ako je oblasť použitia, použitý hardvér alebo požiadavky na kvalitu. Vzorkovacia frekvencia využíva štandardizované hodnoty frekvencií pre zvuk, a to okrem spomínaných ešte aj 48 kHz, 96 kHz, 192 kHz a 384 kHz.
- *Kanály* – Jedná sa o rozhodnutie stereo vs. mono. Výber počtu kanálov závisí od zdroja zvuku. Stáva sa však, že napr. rečník hovorí do mikrofónu, ktorý nahráva jedným kanálom, a zvuk je kódovaný ako stereo. Stereo zvuk je potom vytvorený duplikovaním signálu do dvoch stôp, čiže zdvojnásobením množstva informácie potrebnej na kompresiu. To však núti enkóder aplikovať dvojnásobnú kompresiu, čo môže spôsobiť zníženie kvality zvuku. Inak povedané, pri produkcii stereo zvuku je potrebný dvojnásobok dátovej rýchlosti na dosiahnutie rovnakej kvality, ako pri mono signáli. Keď zvuk zakódovaný ako mono signál prehrávame dvojicou reproduktorov (L, R), oba sú napájané rovnakým signálom, čo zvýši kvalitu posluchu [1].

Dva kanály (stereo) sú najbežnejším formátom, no niektoré formáty môžu podporovať až 8 audio kanálov (7.1 surround)

- *Vzorkovacia veľkosť* – Častejšie sa nazýva audio bit depth (bitová hĺbka) alebo sample size. Popisuje množstvo informácie v bitoch zaznamenaných pre každú vzorku. Čím väčší počet bitov sa zvolí, tým presnejší údaj získame a môžeme zachytiť aj malé rozdiely v hlasitosti a dynamike nahrávky. Napríklad vzorkovacia veľkosť s hodnotou 16 (odporúčaná vzorkovacia veľkosť pre webové audio) znamená, že máme 16 bitov informácie vyhradených pre každú vzorku. Používajú sa však bitové hĺbky až do 32 bitov na vzorku.

V novších zariadeniach najvyššia hodnota dátového toku pri 32-bitovej vzorke a 384 kHz vzorkovacej frekvencii je až 12,29 Mbps na jeden kanál.

3.1. Zvukové formáty a kodeky

Podobne ako pri videu, formáty digitalizovaného zvuku môžeme rozdeliť na nekomprimované (zaberajú na disku viac miesta) a komprimované, ktoré sú pri porovnateľnej kvalite menšie a sú vhodné aj na prenos po Internete; kompresné formáty môžu byť stratové a bezstratové. Štruktúra zvukového súboru pozostáva z hlavičky a samotných dát. V hlavičke sú uložené dôležité informácie ako dĺžka záznamu, počet kanálov, typ formátu, vzorkovacia frekvencia a pod.

Kodek je ovládač, ktorý pridáva podporu pre nejaký konkrétny audio/video formát pre operačný systém. Vďaka kodeku operačný systém tento formát rozpozná a dovoľí ho prehrať (dekóduje ho) alebo dovoľí zmeniť ho na iný formát (znova ho zakóduje). Najst' vhodný pomer medzi kvalitou zvuku a veľkosťou súboru pri kódovaní, a to určením nastavenia vyššie spomenutých parametrov je jedna z najťažších volieb pri práci s digitalizovaným zvukom.

V ďalšom texte uvedieme klasifikáciu zvukových formátov s najznámejšími zástupcami a s ich veľmi skrátanými opismi.

Najpoužívanejšie *komprimované bezstratové* zvukové formáty:

- FLAC (Free Lossless Audio Codec) - najlepšia podpora v počítačových i prenosných prehrávačoch, je to otvorený formát.
- WAV (Waveform Audio File format; prípona .wav alebo .wave) - pracovný formát pre spracovanie zvuku, ako formát pred ďalšou konverziou, či pre archiváciu alebo prenos zvukových dát v najvyššej kvalite.
- APE (Monkey's Audio) - má lepší kompresný pomer v porovnaní s FLAC a WAV a podporu paralelného spracovania pre viacjadrové procesory. Hlavná nevýhoda APE je, že má symetrický kódovací algoritmus, čo znamená, že dekódovanie trvá rovnako dlho ako kódovanie, čo robí tento formát nevhodný pre všetky prenosné prehrávače.

-
- TAK (Tom's lossless Audio Kompressor) - kombinuje vysoký kompresný pomer, lepší ako APE, s veľmi vysokou rýchlosťou dekódovania ako FLAC. Taktiež podporuje paralelné spracovanie.

Najpoužívanejšie *komprimované stratové* zvukové formáty:

- MP3 (MPEG-2 Audio Layer III) – kompresný algoritmus je odvodený z algoritmu MPEG pre kompresiu videa. Pri správnom nastavení dosahuje výbornú kvalitu zvuku; je vhodný pre dátový tok s rýchlosťami 128-384 kbps, čo je možné využiť v aplikáciách od telefónneho zvuku po CD kvalitu. Súvisí to s nastaviteľným kompresným pomerom od 1:4 po 1:12.
- VQF (alebo TwinVQ - transform-domain weighted interleaved vector quantization) - vyvinuté v Japonsku; dosahuje lepšie kompresné pomery ako MP3; VQF súbory sú asi o 30% menšie ako MP3, nokódovanie je pomalé; 5minútová pesnička trvá s VQF enkodérom približne 45 minút.
- WMA (Windows Media Audio) - komprimovaný zvukový formát vyvinutý firmou Microsoft. Pôvodne mal ako súčasť Windows Media nahradiť formát MP3, ktorý bol chránený patentom, a Microsoft musel za jeho použitie v systéme Windows platiť. V dnešnej dobe sa už skoro nepoužíva.
- Vorbis –súčasť kontajnera Ogg (Ogg Vorbis), bol vytvorený ako free-formát pre digitálne multimédiá, ktorý nie je obmedzený softvérovými patentmi a umožní efektívne ukladať multimediálne obsahy. Má širokú podporu v prehrávačoch.
- AAC (Advanced Audio Coding) –štandard pre stratovú kompresiu zvukov rámci štandardov MPEG2 a MPEG-4, nasledovník formátu MP3 poskytujúci lepšiu kvalitu zvuku pri rovnakých bitových rýchlostiach. Jeho časť je prijatá tiež ako zvukový formát v digitálnom rádiu DAB+ a Digital Radio Mondial, v digitálnych televíznych štandardoch DVB-H a ATSC-M/H, je audioformátom pre YouTube, iPhone (3G), iPod, iPad, Android, BlackBerry a ďalšie systémy. Používa viacero vzorkovacích frekvencií, podporuje súčasne až 48 úplných kanálov plus ďalšie možnosti (nízkofrekvenčné efekty, dialógové kanály, prenos dát) v jednom stríme, umožňuje účinnejšie a flexibilnejšie kódovanie v porovnaní s MP3.Poskytuje viacero profilov (Main, Low Complexity, Scalable, atď.), ktoré sú obsahom viacerých rôznych kodekov.
- MPC (Musepack) – open source formát, založený na MP2 formáte (vrstva MPEG-1) no je málo známy. Má dobrú softvérovú podporu no slabú hardvérovú podporu.

-
- Dolby Digital Audio (formát .AC3) - vytvorený Dolby Laboratories roku 1987 na použitie v DVD, Blu-ray prehrávačoch, HDTV programoch a domácich kinách. Formát AC3 obsahuje až 6 jednotlivých zvukových kanálov.

Špeciálny formát MIDI

Pre hudobné účely bol vyvinutý digitálny zvukový formát MIDI, ktorý predstavuje zvuk vytvorený priamo v počítači. Vlastnosti MIDI stôp (1 až 16 kanálov) sú zapísané v textovej podobe, súbory zaberajú rádovo desiatky kB, čo je relatívne veľmi málo, a sú vhodné pre web, prezentáciu a pod. Zvuková karta je kľúčové miesto celého reťazca, pretože v konečnom dôsledku ona určuje výstupnú kvalitu MIDI.

Pre internetovú komunikáciu sa používajú štandardné kodeky MP3, AAC, Ogg, ktoré majú veľmi dobrú kvalitu zvuku, ale aj kodeky špeciálne na to určené, ako sú iSAC, iLBC, OPUS a pod. Tieto posledne spomenuté však nedisponujú takou kvalitou zvuku ako klasické kodeky z dôvodu šetrenia šírky pásma, prípadne pri slabých internetových pripojeniach.

- iSAC (internet Speech Audio Codec) – vhodný pre VoIP aplikácie a audiostríming, pre prenos využíva RTP protokol, má adaptívny dátový tok od 10 kbps do 52 kbps a tiež adaptívnu veľkosť paketov od 30 do 60 ms. Zložitosť je porovnateľná s G.722.2 pri porovnateľnej bitovej rýchlosti.
- iLBC (Internet Low Bitrate Codec) – open-source-rečový kodek, úzkopásmový, vhodný pre VoIP aplikácie, audiostríming, archiváciu a zasielanie správ. Tiež umožňuje adaptívne rámce 20 a 30 ms, a použitie v protokole RTP. iLBC spracováva stratené rámce prostredníctvom zvolenej degradácie kvality reči.
- OPUS - otvorený, licenčnými poplatkami nezaťažovaný, univerzálny, navrhovaný na internetové použitie ako je prenos digitalizovaného hlasu, pre videokonferencie a strímovanie hudby, svojou nízkou latenciou sa líši aj od väčšiny formátov s nízkou latenciou (G.711, Speex) tým, že podporuje vysokú kvalitu zvuku.
- SILK – vyvinutý spoločnosťou Skype Limited pre použitie v Skype, vzhľadom k otvorenej licencií bol tiež použitý inými, momentálne je rozšírením štandardného internetového kodeku Opus.
- G.722. Formáty definované v špecifikáciách G.711 až G.729 sa obvykle používajú na digitálny záznam a prenos zvuku v zariadeniach a programoch určených pre digitálne telefónne služby, videotelefónne služby a tiež pre videokonferencie, pre čo najkvalitnejší záznam a prenos ľudského hlasu pri obmedzených dátových tokoch. Pri použití na video konferencie a videotelefóniu sa formáty série G obvykle používajú s

video formátmi H.261, H.263 a H.264. G.722 je pomerne rozšírený bezplatný formát vydaný v roku 1988, poskytuje vyššiu kvalitu zvuku než štandardný formát G.711, no rovnako používa pomerne vysoký dátový tok 64kbps (k tomu 0 až 16 kbps dáta), čo limituje jeho použitie.

- SPEEX - free-softvér s otvoreným zdrojovým kódom a audio kompresný formát určený pre reč. Je prispôsobený internetovým aplikáciám a poskytuje užitočné funkcie, ktoré nie sú prítomné vo väčšine ostatných kodekov. Je navrhnutý tak, aby bola kompresia hlasu v dátovom toku v rozmedzí od 2 do 44 kbps (úzkopásmový/8 kHz), širokopásmový /16 kHz, ultra-širokopásmový/32 kHz) a umožňuje kódovať stereofónny zvuk. Má premenlivý dátový tok, implementuje detektor reči (VAD - Voice Activity Detection), potláča šum a akustické ozveny.

Audio formáty používané pre stríming

- Stríming zvuku je jednosmerný prenos zvuku cez dátovú sieť, široko používaný na počúvanie zvukových klipov a rádia cez Internet na počítačoch, tabletoch a mobilných telefónoch, pričom súbor alebo skladba nie je trvalo uložená v cieľovom zariadení. Pre stríming zvuku sa najčastejšie používajú formáty MP3, AAC a AAC v MP4-video formáte.
- MP3 (MPEG Audio Layer-3)
- AAC (MPEG-2 Advanced Audio Coding)
- MP4 (MPEG-4 Audio) - vyvinutý MPEG (Moving Picture Experts Group). Je súčasťou štandardu, ktorý stavia na osvedčenom úspechu troch oblastiach: digitálna televízia Interaktívne grafické aplikácie (syntetický obsah), a prístup k širokopásmovému multimediálnemu obsahu na Internete. S kodekom AAC je ďalším kandidátom na vytlačenie formátu MP3. MP4 však typicky vyžaduje 30 až 40% viac výpočtových operácií než MP3. MPEG-4 Audio umožňuje širokú škálu aplikácií, ktoré sa môžu pohybovať od zrozumiteľnej reči (aj generovanie syntetizovanej reči) cez vysoko kvalitný viackanálový zvuk, prírodné zvuky a syntetizované zvuky.

4. Strímovacie protokoly

Doručenie multimedialných súborov k užívateľovi sa uskutočňuje prostredníctvom niektorého z viacerých typov telekomunikačných sietí. Môže to byť lokálna dátová sieť, ale aj sieť väčšieho, či globálneho rozsahu – Internet. Videá šírené prostredníctvom Internetu sú väčšinou prístupné cez portál poskytovateľa obsahu, a to takým spôsobom, aby to bolo umožnené pre ľubovoľného užívateľa a pri použití štandardných webových prehliadačov. Portál by mal poskytovať zoznam videí a základné informácie o nich a o ich obsahu, ako aj možnosť vyhľadávať ich na základe týchto vlastností, resp. kľúčových slov. Užívateľ si následne môže video stiahnuť do svojho počítača a/alebo prehrávať pomocou niektorého softvéru, prípadne pomocou špeciálneho zariadenia. Komunikácia „server – klient“ a prenos dát sa riadia istými pravidlami, ktoré sú súčasťou tzv. komunikačných protokolov.

4.1. ISO-OSI model

V roku 1970 Americké ministerstvo obrany (U. S. Department of Defense) uviedlo projekt známy pod skratkou DARPA, ktorý zaviedol abstraktný viacvrstvový model sieťových komunikačných protokolov pre komunikáciu vojenských výskumných organizácií cez paketovo spínanú sieť. Tento koncept sa uplatňuje aj v dnešnej internetovej sieti, pričom bol rozšírený a štandardizovaný Medzinárodnou štandardizačnou organizáciou ISO (International Standardization Organization) pod názvom Open System Interconnection model (OSI). Referenčný model OSI je v súčasnosti konceptuálnym základom pre porovnávanie rôznych vrstvových komunikačných systémov a pre pochopenie interakcie medzi ich jednotlivými vrstvami. Zároveň je jeho cieľom interoperabilita, t. j. schopnosť prestupu a spolupráce medzi rôznymi technológiami so štandardizovanými protokolmi.

Tento model sa označuje ako vertikálny a definuje 7 vrstiev (najnižšia je fyzická – dátovou jednotkou je bit, nasleduje dátová / rámec, sieťová / paket, transportná / segment alebo datagram, relačná, prezentačná, a nakoniec aplikačná vrstva / dáta) . Každá vrstva má za úlohu slúžiť vrstve nadradenej, a využíva funkcionality vrstvy o stupeň nižšej. Pri vzájomnej komunikácii dvoch aplikácií na dvoch opačných koncoch spojenia je komunikácia spracovaná na zdrojovom systéme smerom nadol až na fyzickú vrstvu, prenesená v podobe signálu cez fyzické spojenie, a v cieľovom zariadení opäť transformovaná smerom nahor cez vrstvový systém protokolov.

Vrstvový systém môže byť implementovaný hardvérovo, softvérovo alebo ich kombináciou. Často bývajú 2 najnižšie vrstvy implementované hardvérovo a ostatné softvérovo. V niektorých systémoch je v jednom type operácie zahrnutých spolu niekoľko vrstiev OSI modelu.

nasledujúcom texte budú opísané protokolové vrstvy a protokoly korelujúce s týmto modelom a dôležité pre prenos videa.

4.2. Sieťová vrstva (Network Layer)

Je to tretia vrstva ISO-OSI modelu. Prepája linky vytvárajúc takto celistvú sieť. Stará sa o adresovanie a smerovanie (routing) správ. Môže tiež riadiť, resp. riešiť stavy preťaženia (congestion) v prepínačoch (switches), prioritizáciu správ, fakturáciu (billing) a podobne.

4.2.1. IP (Internet Protocol)

Tento protokol je hlavným sieťovým komunikačným protokolom pre paketovo spínanú sieť. Ostatné protokoly sieťovej vrstvy riadia sieťové smerovače (routers), čiže nastavovanie spojení.

Digitálna informácia, ktorá sa má preniesť, sa usporiada do malých zhlukov, paketov alebo tiež datagramov, ktoré sú posielané ako nezávislé správy. Každý paket môže putovať úplne odlišnou cestou, čo závisí od preťaženia routrov. Dôležité je vytvoriť z paketov v mieste určenia opäť celistvú správu.

Myšlienka princípu paketovej siete vznikla už v sedemdesiatych rokoch minulého storočia. Protokol NVP (Network Voice Protocol) pre paketový prenos hlasu bol uvedený v r. 1977, ale paketový prenos videa sa začal uplatňovať až neskôr.

IP-protokol nezaručuje spoľahlivosť prenosu. Jeho nepríjemnými vlastnosťami sú premenlivá sieťová odozva, často sa vyskytujúca zmena poradia paketov v mieste určenia a tiež strata paketov. Protokol neobsahuje mechanizmus na oznámenie, či pakety vôbec dorazili do cieľa. Poskytuje iba zabezpečenie hlavičiek, nie však prenášaných dát. Keď sa požaduje spoľahlivosť dát, musí sa využiť protokol transportnej vrstvy, napr. TCP-protokol.

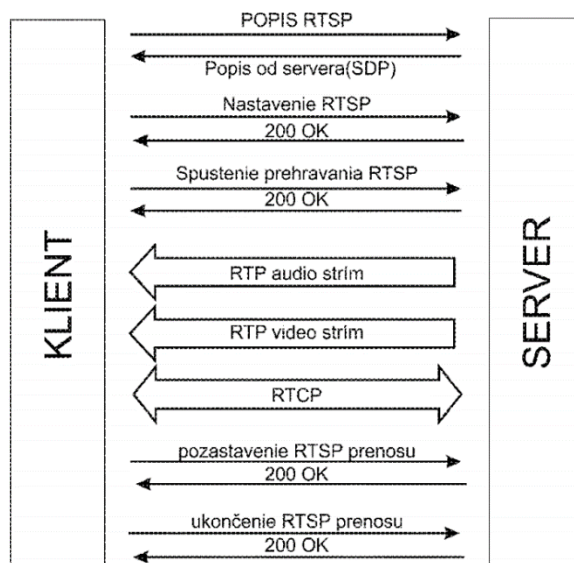
Najdôležitejšou úlohou IP protokolu je adresovanie a routing. Tieto funkcionality sú dôležité stále, pričom množstvo adries sa neustále zvyšuje. Aktuálne potreby siete v tomto zmysle má naplniť novšia verzia IP-protokolu - protokol IPv6 (Internet Protocol version 6), ktorá má nahradiť verziu IPv4.

4.2.2. RTSP

Protokol RTSP (Real Time Streaming Protocol) patrí k sieťovým protokolom. Je riadiacim sieťovým protokolom navrhnutým pre riadenie serverov sprostredkujúcich zábavné médiá a komunikáciu v reálnom čase. Jeho úlohou je zriadiť a riadiť reláciu výmeny médií medzi koncovými bodmi. Klienti (klientske aplikácie) zadávajú smerom k serveru príkazy známe z video-prehrávačov, ako sú PLAY, RECORD, PAUSE, a nimi ovládajú stríming médií zo servera smerom ku klientskemu zariadeniu (funkcia Video-on-Demand) alebo aj v opačnom smere (Voice Recording). Pod RTSP-

klientom rozumieme aplikáciu koncového používateľa, ktorý prijíma dáta z RTSP servera a umožňuje ich následné spracovanie, ako je zobrazenie, uloženie a pod. Funkcionalita RTSP klienta je implementovaná v "zobrazovacom" programovom vybavení. RTSP klientom môže byť napr. program VLC.

Samotný prenos strímovaných dát potom už nie je úlohou protokolu RTSP; na to RTSP-servery väčšinou využívajú protokoly RTP a RTCP Obr. 15, alebo sa na to využívajú vlastné protokoly predajcov médií.



Obr. 15 Proces vytvorenia a riadenia RTSP spojenia Klient-Server

Popis nadväzovania spojenia:

1. Klient vytvorí TCP spojenie pre RTSP protokol typicky sa jedná o port 554.
2. Klient vytvorí nastavenie RTSP na základe prostriedkov servera. V nastaveniach sa nachádzajú informácie ako sú verzia RTSP, informáciu o tom, aký protokol bude použitý na prenos videa a audia. Tieto špecifikácie budú použité pri nastavení RTSP komunikácie.
3. Ako náhle je zostavená relácia, môže klient poslať príkaz na spustenie.
4. Následne, ak klient vyžiada zastavenie dátového toku, je vykonaný proces na ukončenie. (RTSP TEARDOWN).

„200 OK“ je potvrdzovacia správa servera nasledujúca po prijatí príkazu.

SDP – Session Description Protocol – je protokol (či skôr formát), ktorý v určitej fáze procesu nadväzovania spojenia informuje klienta o vlastnostiach audio / video dát, ktoré poskytuje server. "Nosičom" tohto "protokolu" je protokol RTSP.

Ak chceme získať dáta zo servera pomocou univerzálneho RTSP klienta, musíme mu zadať tzv. RTSP URL (niekedy tiež RTSP-príkaz). Všeobecne RTSP URL má nasledujúce tvar:

```
rtsp://uziv_meno:heslo@ipadresa: rtspport/xxx
```

Znaky xxx predstavujú časť RTSP-príkazu, ktorá je špecifická pre každého výrobcu (príp. produktový rad). Niektoré časti RTSP URL možno vynechať, ak daná funkcionlita nie je vyžadovaná (meno / heslo, ak nepožadujeme RTSP autentifikáciu) alebo ak ide o predvolenú hodnotu (rtsp-port, ak je použitá predvolená hodnota 554). Konkrétne vo VLC môže RTSP-príkaz vyzeráť napr. nasledovne:

```
rtsp://ipadresa:554/?inst=1,
```

čo predstavuje príkaz pre snímanie videa kamerou na adrese „ipadresa“ v HD-kvalite.

Protokol RTSP bol vyvinutý spoločnosťami RealNetworks, Netscape a Columbia University. Prvýkrát bol predstavený v r. 1996 a ako štandard RFC 2326 v roku 1998. V súčasnosti prebiehajú práce na jeho 2. verzii, ktorá síce vychádza z prvej verzie, nebude však spätne kompatibilná.

4.3. Transportná vrstva

Je to 4. vrstva v modeli a prvá, ktorá je vrstvou typu end-to-end. Je zodpovedná za doručenie správ od odosielateľa k prijímateľovi. Na doručenie využíva služby nižšej – sieťovej vrstvy. Jej zodpovednosť zahŕňa spoľahlivosť a riadenie toku dát, čo je vyžadované relačnou vrstvou (session layer) a čo nie je poskytované sieťovou vrstvou.

4.3.1. Protokoly TCP, UDP

Najdôležitejšie z transportných protokolov sú TCP (Transport Control Protocol) a UDP (User Datagram Protocol).

TCP-protokol je spojovo orientovaný (connection oriented), a ako sa už uviedlo, jeho silnou stránkou je spoľahlivosť. Paradoxne, práve kvôli tomu nie je veľmi vhodný pre strímovanie médií, pretože uprednostňuje spoľahlivosť pred aktuálnosťou, resp. pred čo najrýchlejším dodaním dát. Má vstavanú protichybovú ochranu, čo je žiaduce pre dáta všeobecného účelu nie však pre strímovanie. Dátové bajty sú číslované, čo umožňuje predvídať poradie, v akom majú prichádzať do cieľového zariadenia. Ak očakávané dáta nedorazia v špecifikovanom časovom rozmedzí, musia sa vyslať opäť. Prijímacie zariadenie takto vie detekovať stratené pakety a môže žiadať ich retransmisiu (opätovné vyslanie). TCP-protokol umožňuje aj kontrolu dátového toku. Tieto mechanizmy však zvyšujú odozvu (latency), čo nie je vždy prijateľné. Zvyšujú tiež nárok na šírku pásma. Užívateľ požaduje kontinuálne prehrávanie/ strímung audia alebo videa v reálnom čase, čo

zvyšujúca sa odozva často znemožňuje. TCP-protokol podporuje internetové aplikácie ako prehliadače (browsers), zdieľanie súborov (sharing), FTP-klient, atď. a aplikačné protokoly HTTP, SMTP, SSH a FTP.

UDP-protokol je transportný mechanizmus, ktorý podporuje vysokorýchlostný tok dát, ako je digitálne video, ale aj broadcasting správ z jedného zdroja k mnohým užívateľom, resp. zariadeniam umiestneným v istom sieťovom segmente. Tento protokol na rozdiel od TCP nie je spojovo orientovaný, t. zn. nemá mechanizmus pre vytvorenie spojenia medzi zdrojom a cieľom informácie. V zdroji sa vytvorí datagram so správnym označením určenia (socket – zásuvka), t. j. s adresou a číslom portu, a takto sa posunie IP-protokolu na prenos. Neexistuje tu signalizácia medzi vysielateľom a prijímateľom o správnom doručení dát. Na prvý pohľad tento protokol je neprijateľný pre prenos videa, no samotné formáty video-strímu obsahujú mechanizmy pre detekciu a opravu chýb (napr. v MPEG-kodeku sa používa Reed-Solomonov mechanizmus dopredného protichybového zabezpečenia, ktoré dokáže obnoviť stratené pakety), takže nie je potrebné dáta znova posilať. Taktiež prehrávacie zariadenia majú zabudovanú schopnosť maskovania chybných dát. Nakoniec, poškodené alebo stratené dáta, ktoré spôsobia poškodenie niekoľkých snímkov vo videu, sú prechodným javom, a divák môže tento jav prehliadnuť.

Čiže, aj keď UDP protokol nezaručuje spoľahlivosť, poradie a integritu dát, je „rýchlejší“, podporuje kontinuitu strímu dátových paketov, a preto sa javí byť vhodnejším pre stríming videa.

Riadiace informácie obyčajne podliehajú TCP/IP-protokolu.

4.3.2. Protokol RTP (Real-Time transport Protocol)

Tento transportný protokol bol vyvinutý v roku 1996 organizáciou IETF (Internet Engineering Task Force) a je zahrnutý v ITU-špecifikácii H.323 vydanéj v roku 1997, ktorá poskytuje rámec pre transport médií, signalizáciu hovorov a riadenie konferencií. Je to protokol komunikácie v reálnom čase. Nachádza sa „nad“ UDP-protokolom a umožňuje obnovu časovania, detekciu strát a ich opravu, identifikáciu zaťaženia a zdroja, spätnú väzbu pre kvalitu služby, synchronizáciu médií a manažment členstva pre možnosť vývoja robustného systému. Neposkytuje priamo mechanizmus realizácie konkrétnych algoritmov, iba ich podporuje.

RTP-protokol sa delí na 2 časti – RTP a RTCP. Prvá je pre prenos dát (audia a videa) a druhá pre riadenie prenosu. RTP definuje ďalšiu úroveň rámcovania pre multimediálne dáta, obsahujúcu číslo sekvencie, časové značky, typ užitočného zaťaženia (Payload Type), identifikátor zdroja a označenie významných javov v stríme. RTCP poskytuje spätnú väzbu týkajúcu sa kvality, identifikáciu účastníka a synchronizáciu medzi jednotlivými strímami médií. RTCP sa vykonáva „pozdĺž RTP“ a poskytuje tieto informácie periodicky.

Profil a formát obsahu definovaný v protokole RTP (v jeho hlavičke - v časti Payload Type a v špecifikáciách profilu) je potom využitý niektorou z aplikácií pre prehrávanie multimedialného súboru. Každá z aplikácií pritom poskytnuté informácie používa podľa iného algoritmu. Výhodou tejto filozofie je, že RTP sa môže bez revízie použiť aj po zavedení nových multimedialných formátov (napr. audio-formátov G.723, MP3 a pod., a video-formátov H.263, MPEG-4 a pod.).

Formáty užitočnej záťaže (Payload formats)

Formát užitočnej záťaže definuje spôsob, akým sú jednotlivé médiá transportované v rámci RTP, a definuje tiež niektoré vlastnosti RTP-data-transfer-protokolu. Kodek vygeneruje postupnosť RTP-dátových paketov. Niektoré sú mapované do RTP-hlavičky, niektoré do hlavičky užitočnej záťaže (payload header) a najväčšia časť je umiestnená do dátovej časti týchto paketov. Zložitosť tohto mapovacieho procesu závisí od konkrétneho kodeku a od požadovanej odolnosti voči chybám. Ako príklady formátov užitočnej záťaže možno uviesť audio-formáty G.711, G.723.1, G.726, G.729, GSM, QCELP a MP3, alebo video-formáty H.261, H.263, H.264 a MPEG.

Mixery a translatory

RTP pakety zahŕňajú indentifikátor zdroja (SSRC - Synchronization Source), ktorý presne označuje zdroj vysielanej informácie. Sú však dva špeciálne druhy zdrojov, a to sú mixery a translatory. *Mixer* kombinuje pakety z viacerých zdrojov, a posiela ich na jedno alebo viac miest určenia. Mixer sám seba označuje ako zdroj paketu, a zároveň resynchronizuje vysielanie. *Translátor* (prekladač) môže meniť formát dát v paketoch, napr. ak sa líšia prístupové rýchlosti koncových bodov.

RTP Sessions (RTP-relácie)

Tento pojem označuje komunikáciu skupiny účastníkov s použitím RTP-protokolu. Každý účastník je identifikovaný svojou sieťovou adresou a párom portov RTP a RTCP. Pri multimedialnej komunikácii každý typ média sa prenáša oddelenou RTP reláciou. Relácie môžu byť typu unicast (relácia „bod-bod“, angl. point-to-point) alebo multicast (relácia „bod-viac bodov“).

RTP Data Transfer Packet

Balík (paket, packet) prenášaných dát v rámci protokolu RTP sa delí na 4 časti:

- povinná RTP-hlavička (typicky 12 bajtov: označenie typu užitočného zaťaženia, číslo sekvencie, časová značka – Timestamp, identifikátor zdroja synchronizácie -SSRC, počet prispievajúcich zdrojov, označenie zaujímavých udalostí, vyplňujúce dáta, rozšírenie hlavičky, číslo verzie)
- voliteľná časť (rozšírenie - extension) hlavičky (4 až 60 bajtov)

- hlavička voliteľného užitočného zaťaženia (v závislosti od použitého formátu dát)
- samotné užitočné zaťaženie (payload).

Dáta užitočného zaťaženia

Poslednou časťou paketu RTP protokolu sú užitočné dáta (užitočné zaťaženie – payload data) nasledujúce za hlavičkou užitočného zaťaženia. Ich formát a jeho parametre sa nastavujú pri nastavovaní relácie (session).

Často je možné v jednom pakete prenášať viac dátových rámcov alebo snímok. Dátové rámce pritom môžu byť rovnaké, a vtedy sa uvádza ich veľkosť a počet, alebo sa indikuje zvlášť veľkosť každého rámca, ak sú odlišné. Všeobecne nie je počet rámcov obmedzený, no závisí to aj od konkrétneho formátu. Pri audio je nutné akceptovať maximálne oneskorenie a pri videu veľkosť skupiny závislých snímok.

Kontrola platnosti paketu (Packet Validation)

RTP pakety neobsahujú explicitný kontrolný protokol. Kontrolovať možno len priebeh údajov hlavičiek a dát viacerých paketov. Chyba sa indikuje napríklad vtedy, ak si údaje v paketoch nasledujúcich za sebou navzájom odporujú, alebo si odporuje typ užitočnej záťaže s avizovanou indikáciou v hlavičke (kontrola typu „per-packet“).

Protokol RTCP

Hlavnou funkciou protokolu RTCP je periodicky zasielať správu o kvalitatívnych parametroch média počas relácie, a prenášať tieto informácie do zdroja média a tiež k jednotlivým účastníkom. V zdroji slúžia tieto informácie pre adaptívne kódovanie a tiež pre detekciu chýb prenosu.

RTCP poskytuje aj identifikáciu všetkých účastníkov (CNAME).

Okrem toho RTCP zahŕňa manažment šírky pásma pri relácii. Tieto reporty očakávajú všetci účastníci, a preto s počtom účastníkov takáto prevádzka môže narásť až do tej miery, že spôsobí preťaženie siete (network congestion). Frekvencia reportov sa dynamicky kontroluje, a šírka pásma využívaná protokolom RTCP nesmie prekročiť 5 % celkovej šírky pásma relácie. Navyše, 25 % pásma určeného pre RTCP je rezervovaných pre zdroje médií, aby pri veľkých konferenciách noví účastníci dostali CNAME-identifikátory bez veľkého meškania.

RTCP plní kontrolnú funkciu relácie, a takto dosiahne všetkých účastníkov, čo protokol RTP nemusí.

4.3.3. RTMP

Real Time Messaging Protocol (RTMP) je strímovací protokol na báze protokolu TCP. Je to pôvodne výhradný protokol vyvinutý spoločnosťou Macromedia (v súčasnosti Adobe), v súčasnosti v obmedzenej verzii poskytnutý aj pre voľné použitie. Je určený pre strímovanie audia, videa a dát cez Internet, a to medzi klientskym prehrávacím softvérom Flash Player a serverom. Má viac variácií, ako napr. „plain“ (úplná), ktorá pracuje nad TCP a používa defaultne jeho port 1935, alebo RTMPE (- Encrypted – zakódovaná), ktorá využíva ochranný mechanizmus vlastnený spoločnosťou Adobe, a pod.

Udržiava nepretržité spojenie a umožňuje komunikáciu s nízkou latenciou. Rozdeľuje strím do fragmentov a ich dĺžku dynamicky dojednáva medzi klientom a serverom. Niekedy je dĺžka fragmentov stála, a to 64 bytov pre audio a 128 B pre video-dáta. Fragmenty potom môžu byť pri jednom spojení prekladané medzi viacerými strímami a multiplexované.

RTMP nie je kompatibilný so všetkými zariadeniami a operačnými systémami. V prípade nekompatibility sa využíva tzv. 3. strana na konverziu protokolov.

4.3.4. HLS (HTTP Live Streaming)

Tento strímovací typ protokolu, vyvinutý spoločnosťou Apple, je založený na protokole HTTP. Je súčasťou produktov ako QuickTime, Safari, OS X, a iOS. Rozdeľí strím do malých HTTP-súborov (s príponou .ts – Transport Stream). Tieto súbory sú uvedené v zozname (playlist) typu .m3u8, ktorého stiahnutie je nutné pre prehrávanie živého strímu. Strím typu HLS nie je kompatibilný s prehrávačom Adobe-FlashPlayer (protokol RTMP).

4.3.5. Smooth Streaming(Microsoft)

Ide opäť o adaptívnu strímovaciu technológiu, tentokrát pôvodom od spoločnosti Microsoft, pre strímovanie médií klientskym softvérom a operačným systémom od spoločnosti Microsoft (Silverlight, Windows Phone 7) cez HTTP. S využitím softvéru Smooth Streaming Porting Kit je však možný aj prestup do iných klientskych systémov (Apple iOS, Android, Linux).

4.3.6. DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP)

Táto strímovacia technológia bola vyvinutá skupinou MPEG, preto sa označuje aj MPEG-DASH, a bola vydaná ako medzinárodný štandard pod označením ISO/IEC 23009-1:2012 v roku 2012. Je založená na adaptívnom HTTP strímovaní s potenciálom nahradiť všetky doteraz spomínané nekompatibilné a konkurujúce technológie. Podnetom pre jej vývoj bola nie úplná kompatibilita medzi predchádzajúcimi metódami a potreba špeciálneho prehrávača pri každej z nich. Zatiaľ však o úplnej náhrade hovoríť nemožno. Podobne ako pri HLS je obsah rozdelený na malé HTTP-súbory

(ktoré klient poskladá do súvislého videa), využíva sa infraštruktúra HTTP-web-serverov, a na doručenie sa používa protokol TCP.

Na rozdiel od predchádzajúcich spomínaných technológií DASH nevylučuje žiadny z kodekov, a prenáša dáta kódované v ľubovoľnom formáte (H.264, H.265, VP9 a pod.).

5. Praktikum živého strímingu

V tejto kapitole budeme predpokladať, že sme sa rozhodli použiť OVP a budeme diskutovať o otázkach týkajúcich sa výberu LSSP. Ukážeme pracovné postupy pre živý stríming s poskytovateľmi Livestream a Ustream. Vzhľadom na to, že mnoho výrobcov potrebuje vytvoriť živé skúsenosti, ktoré zahŕňajú prezentácie v PowerPointe, hlasovanie, kvízy a ďalšie prvky, pozrieme sa na určité kategórie výrobkov nazývaných multimedialne prezentačné systémy, ktoré poskytujú oveľa robustnejšie skúsenosti než akýkoľvek LSSP [1].

V tejto kapitole sa naučíme:

- Faktory, ktoré je potrebné zvážiť pri výbere LSSP.
- Vysoko úrovňové pracovné postupy pre živý stríming s poskytovateľmi Livestream a Ustream.
- Ako sa multimedialne prezentačné systémy líšia od LSSPs.
- Faktory, ktoré je potrebné uvažovať pri výbere multimedialneho prezentačného systému.

5.1. Voľba poskytovateľa služby Live Streaming

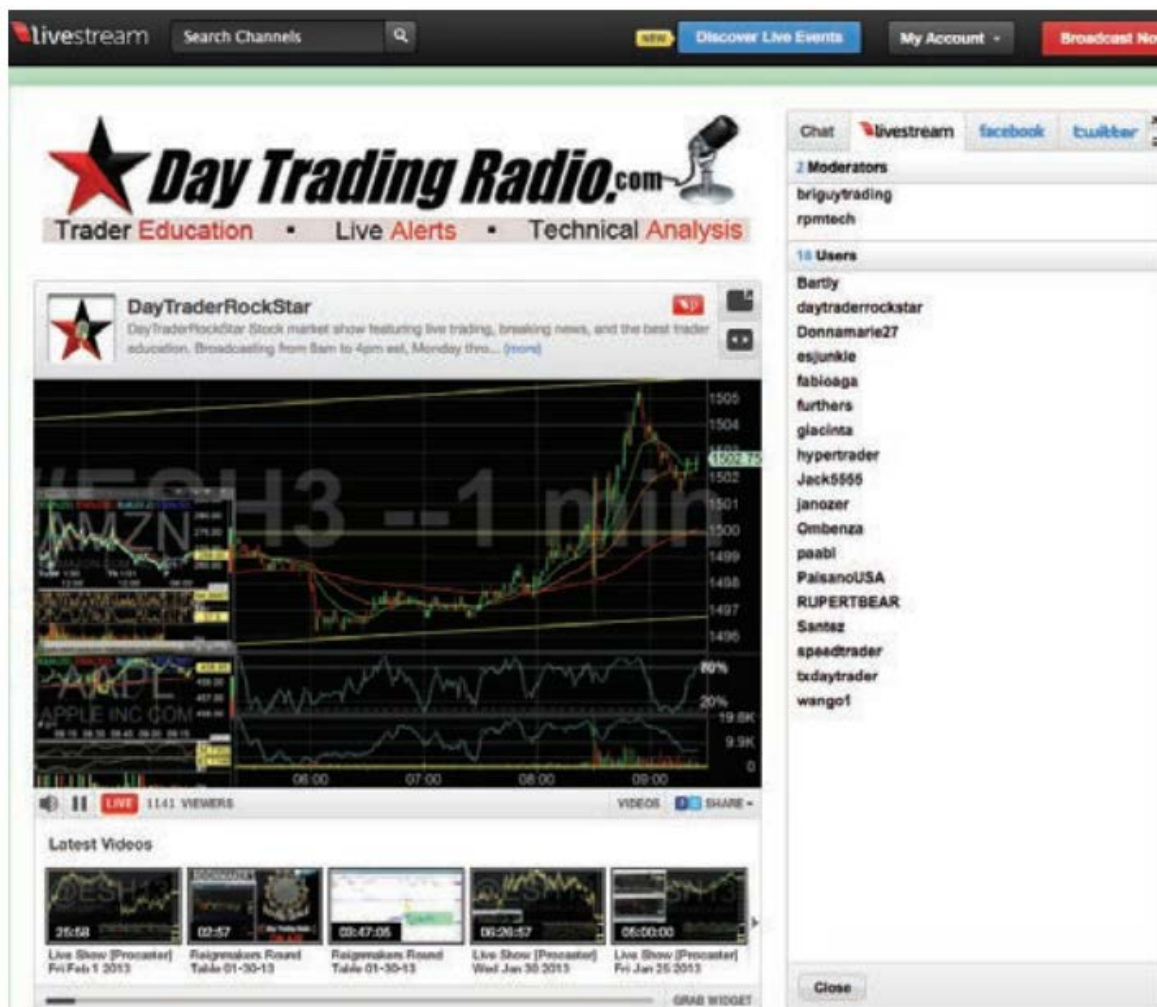
Voľbou poskytovateľa služby (LSSP) živého strímingu si vyberáme jednoduchšiu a lacnejšiu cestu k naštartovaniu živého vysielania, pretože poskytovateľ služby hradí všetky náklady na infraštruktúru a poskytuje všetky potrebné systémové komponenty, od prostriedkov pre živé kódovanie až po vložený prehrávač.

Keď sa nám naše publikum bude rozrastať a živé vysielanie bude čoraz častejšie, možno budeme chcieť zrušiť vlastný strímovací server totálne zákazníckym prehrávačom a budeme skúmať iné menej integrované služby z CDN alebo iných poskytovateľov služieb tretích strán, ale predsa LSSPs predstavujú skvelé východisko pre štart.

Výber LSSP zahŕňa analýzu mnohých funkcií. Pre získanie prehľadu budeme analyzovať celý proces vysielania živého strímu. Prvým predmetom našej úvahy je miesto, kde sa bude vysielanie prehrávať. Môže to byť stránka, ktorú vytvorí LSSP pre naše vysielanie na jeho strane, nazývanej kanálová stránka alebo to môže byť prehrávač v našom webovom sídle.

Takže začneme tým, že vymenujeme súhrn znakov, ktoré budeme uvažovať pri porovnávaní kanálových stránok a vložených prehrávačov ponúkaných rozličnými službami.

Akonáhle máme stránku kanála a zoznam prehrávačov, môžeme začať vysielateľ. Dosiahneme to pripojením kamery alebo video mixéra (alebo webovej kamery) ku kodéru a vysielame kódovaný strím cez internet k nášmu LSSP.



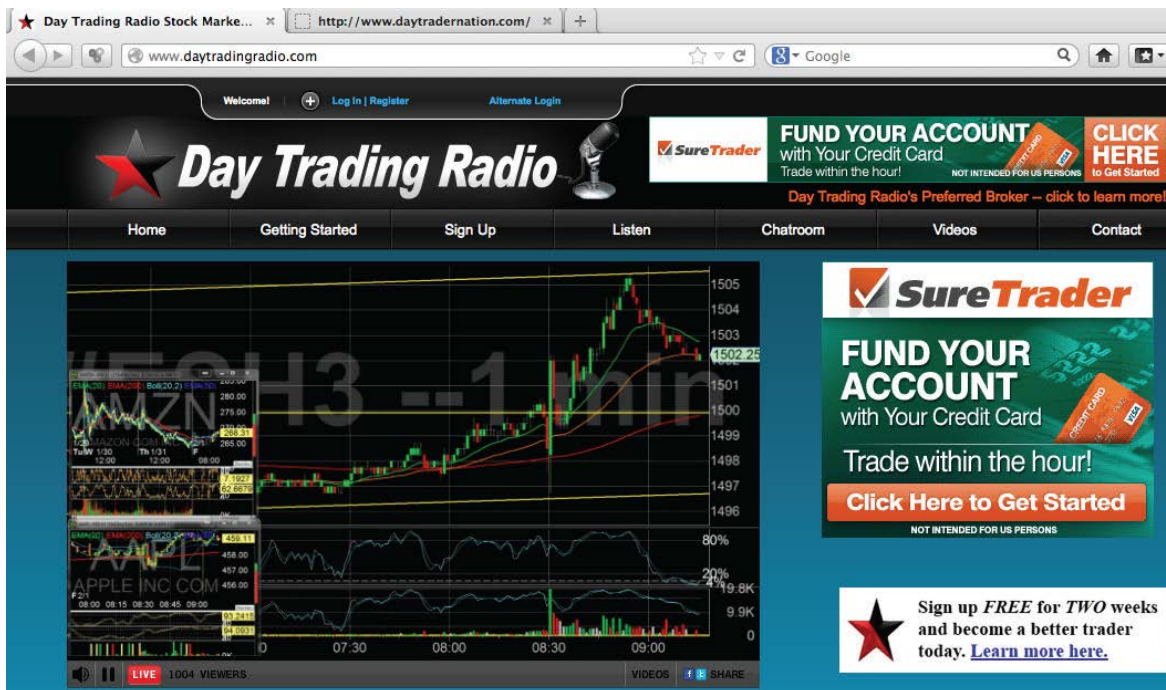
Obr. 16 Stránka Livestream kanála na Day Trading Radio. Všimnime si chat a ďalšie súvisiace sociálne médiá (a 1141 divákov!).

Odtiaľ strímovacie servery hosťované poskytovateľom služby distribuujú video k našim divákovi, ktorí môžu tento strím sledovať na domácej stránke alebo na vloženom prehrávači. Väčšina poskytovateľov služieb ponúka prehliadač s kodérom a tradičné aplikácie pre kódovanie a vysielanie nášho strímu. Môžeme však použiť aj programy tretích strán, ako sú Telestream Wirecast. Mnoho poskytovateľov služieb nám tiež umožňuje vysielateľ z mobilných zariadení.

5.1.1. Predbežné otázky: SD alebo HD?

Niektorí producenti živého videa, obmedzujú rozlíšenie na SD a iní nie, aj keď všetky služby zaplatok ponúkajú HD. Ak nakupujeme pre bezplatnú službu a máme vybavenie a odchádzajúcu šírku pásma pre výrobu a prenos HD strímu, radšej si to preverme vopred. Ak hľadáme platenú

službu a chceme HD, uistíme sa, že poznáme obmedzenia. Ak hľadáme pre platenú službu a naše publikum chce HD, uistíme sa, že sme pochopili obmedzenia veľkosti. Väčšinou je táto hodnota 720p, ale dá sa predpokladať, že sa táto hodnota bude v čase rýchlo meniť. Ak chceme 1080p, musíme si naše možnosti overiť vopred.



Obr. 17 Video vložené na webových stránkach výrobcu, bez akejkoľvek značky Livestream

5.1.2. Jeden alebo viac strímov?

Väčšina LSSPs je v procese prechodu na adaptívny stríming. Pre stolové počítače to zvyčajne znamená manuálny výber strímu, tzv. YouTubeadaptívny stríming, pretože server YouTube ponúka niekoľko strímov. Pre mobilných divákov, zvyčajne to znamená, podporu pre httpLive Streaming (HLS) s automatickým prepínaním strímu.

Pointa je, že chceme skutočný adaptívny stríming; je to najjednoduchší a najbezproblémovejší spôsob, ako podporiť rad divákov sledujúcich v rámci svojho pripojenia na mnohých rôznych zariadeniach. Takže keď nakupujeme, určíme:

- či LF LSSP plánuje podporiť adaptívny stríming,
- ako sa plánuje podporovať to (YouTube alebo pravda) pre všetky relevantné platformy,
- požiadavky na kódovanie pre výrobu adaptívnych strímov,
- koľko navyše (pokiaľ existuje) adaptívny stríming bude stať.

5.1.3. Klienti alebo platforma

Na základe toho si môžeme položiť dve kľúčové otázky. Prvá z nich je, či hľadáme divákov alebo len platformu? Jednou z najväčších hodnôt vysielacích miest, ako je Justin.tv, Ustream a Livestream je, že sú cieľovými vysielacími miestami pre divákov, ktorí hľadajú zábavu-Justin.tv prerady hráčov, a Ustream a Livestream viac pre všeobecné publikum.

Rovnako ako umiestnenie videa na vyžiadanie na YouTube, vysielanie na týchto stránkach môže priniesť veľa divákov. Ak hľadáme divákov, potom chceme také stránky, ktoré zodpovedajú demografii našej cieľovej skupiny.

Rovnako ako vysielanie videa na vyžiadanie na YouTube, vysielanie na týchto stránkach nám môže priniesť veľa divákov. Ak hľadáme takéto publikum, potom budeme chcieť vybrať miesto, ktoré zodpovedá demografii našej cieľovej skupiny.

Ak sú diváci naším cieľom, mali by sme predpokladať, že väčšina divákov bude sledovať vysielanie z našej stránky kanála na webe LSSP a viac sa zameriavať na funkcie stránky kanála, než na vložený prehrávač. Na druhej strane, ak hľadáme predovšetkým technológiu pre živé streamy v rámci prehrávača vloženého na našej vlastnej webovej stránke, musí nám viac záležať na vlastnostiach vloženého prehrávača.

Druhá otázka je, či môžeme žiť s reklamou na našej stránke kanála alebo dokonca vloženom prehrávači? Mnohé služby ponúkajú reklamu podporovanú voľnými verziami svojich služieb s určitými obmedzeniami, ktoré budú diskutované neskôr. To môže byť prijateľné pre mnoho menších vysielateľov. Ak by sme sa chceli zbaviť reklamy, mnohí ponúkajú za poplatok "white label" verzie bez reklamy tretích strán alebo akejkoľvek značky z LSSP.

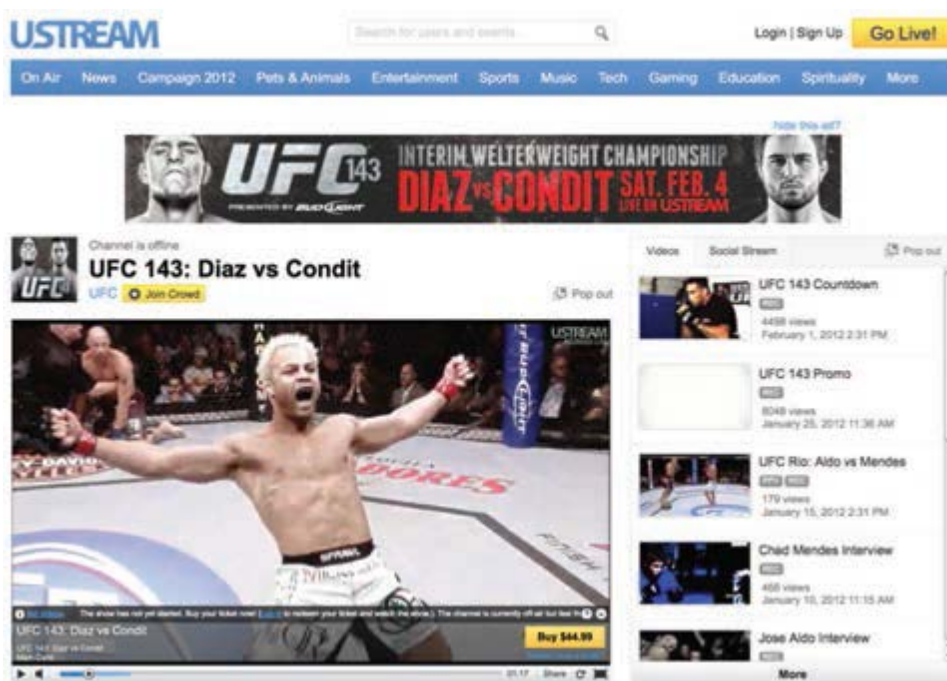
Ako príklad možno uviesť Obr. 16, ktorý ukazuje stránku kanála Day Trading Radio na webe Livestream; všimnime si obvyklú značku Livestream. Na Obr. 17, je rovnaký prehrávač vložený na webe Day Trading Radio a je bez Livestream značky, takže je to white-label verzia. Neskôr budeme diskutovať rozdiely medzi novým a starým Livestream prehrávačom. Jedným z kľúčových rozdielov je, že starý Livestream prehrávač, znázornený na Obr. 16 a Obr. 17, ponúka white-label verziu, zatiaľ čo nová verzia Livestream prehrávača túto možnosť neponúka.

Nový Livestream je úplne bez reklám, takže nemusíme mať strach, že sa nám vo videu budú objavovať rôzne reklamy. Avšak neexistuje žiadna white-label verzia bez značky Livestream. To asi nie je veľký problém pre väčšinu firiem, ale ak sme veľkí vysielatelia, a nechceme, aby sa svet dozvedel, že sme nestavali infraštruktúru živého vysielania sami, tak to môže byť predsa problém.

5.1.4. Podporuje stránka kanála moju peňažnú stratégiu?

Opäť platí, že kanálová domáca stránka je stránka, na webovom sídle LSSP, kde potenciálni diváci môžu sledovať naše živé a on-demand vysielanie (všetky služby archivujú živé vysielanie pre neskoršie prehliadanie na požiadanie). Vlastnosti (funkcie) tejto stránky by mali byť predmetom našich ďalších úvah.

Ak sa snažíme o speňaženie nášho obsahu, mali by sme sa opýtať na schopnosť speňaženia ponúkaného touto webovou stránkou. To sa môže líšiť v závislosti od podielu tržieb za zobrazovanú reklamu na našich stránkach pay-per-view alebo od predplácania prístupu k videu. To je znázornené na Obr. 18, ktorý ukazuje pay-per-view zápasy UFC vysielania na Ustream portáli.



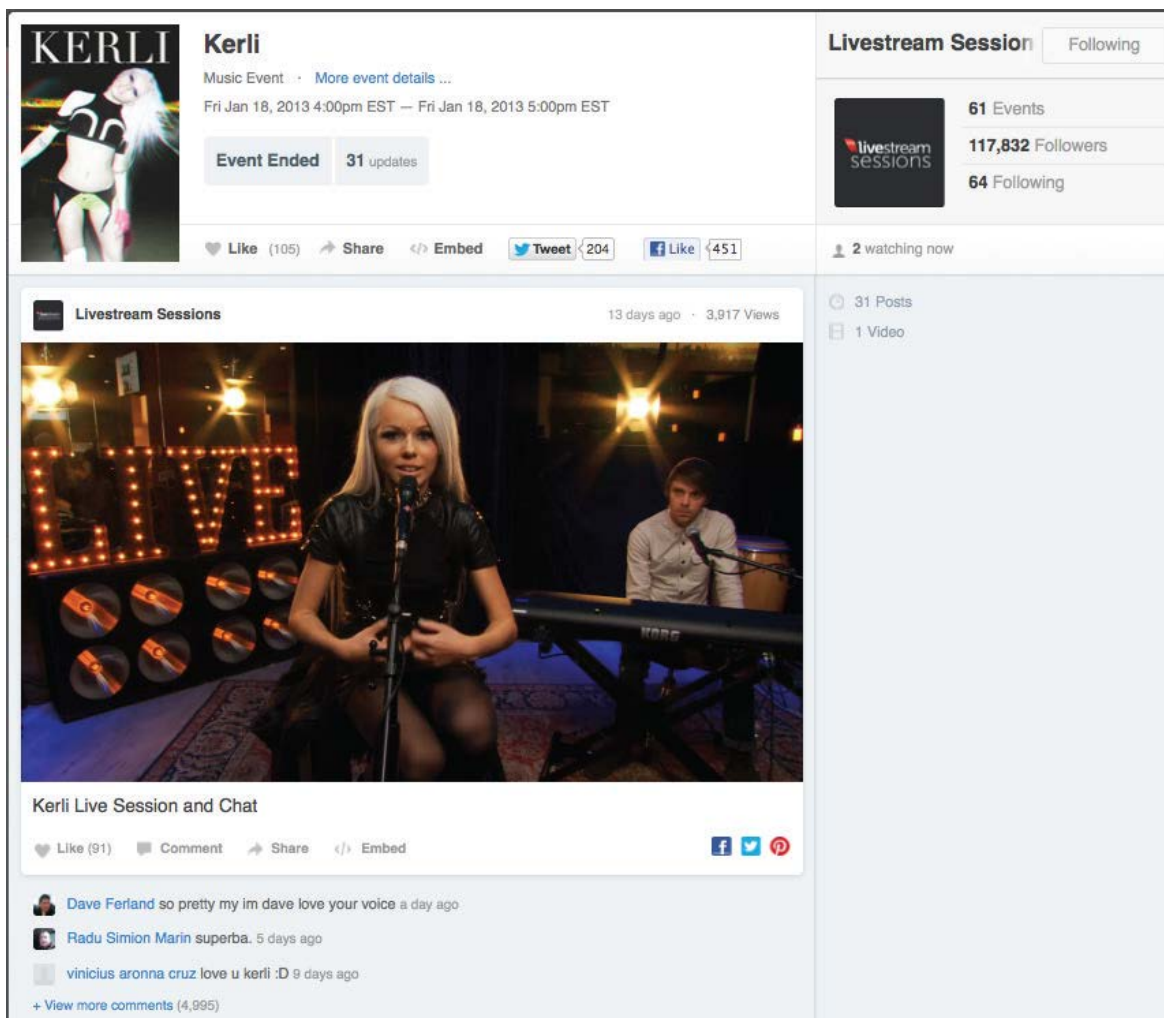
Obr. 18 Pay-per-view na portále Ustream

Všetky LSSPs majú rôzne monetizačné ponuky a rôzne LSSP/ výrobné delenia, takže je potrebné preskúmať tento aj problémv našejanalýze.

Ďalej uvažujme skúsenosť z hľadania poskytovania obsahu našim divákom. Obr. 18 je aktuálny prototyp: video prehrávač s odkazmi na sociálnych sieťach, súvisiaca knižnica obsahu na pravej strane a sociálneho strímu-pozostávajúce z chatu, tweetu a ďalšieho obsahu na samostatnej karte.

Hoci stará ponuka Livestream (Obr. 16) je veľmi podobná tej z Obr. 18, so svojim novým produktom sa spoločnosť snaží zmeniť paradigmu s prezentáciou udalosti orientovanej pozdĺžne, ktorá obsahuje fotografie, videa a chat z pred a po udalosti.

Na Obr. 19 je znázornená stránka plná obrázkov, chatu a komentárov so skutočného koncertu. V reálnom čase môžu diváci sledovať kapelu ako sa pripravuje, potom sledujú koncert, a potom zdieľajú post-koncertné ochladzovanie. Na vyžiadanie môžu diváci zdieľať niektoré alebo všetky zážitky.



Obr. 19 Nový portál Livestream. Všimnime si 4995 komentárov počas živého prenosu.

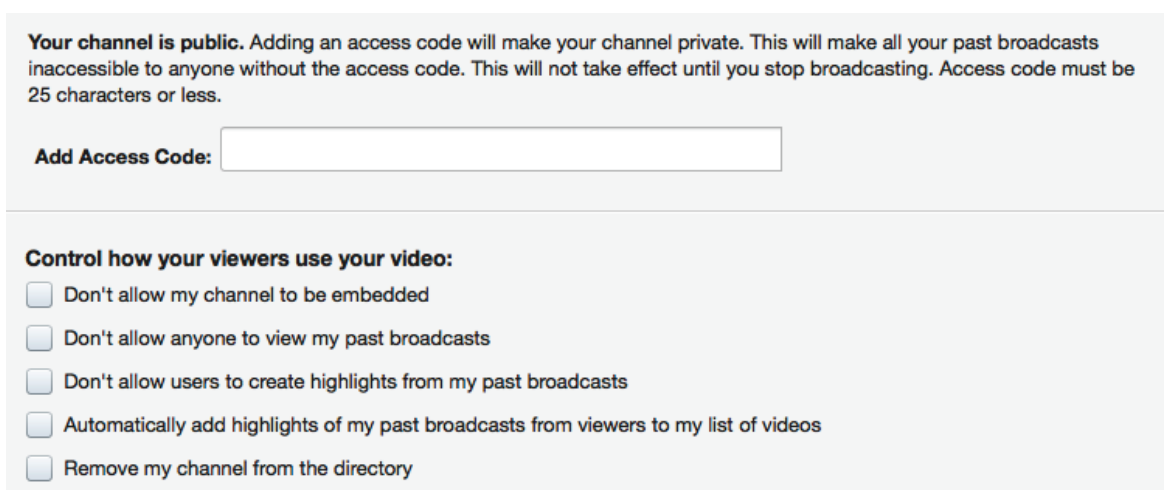
Predstavme si tréningové stretnutie usporiadané našou organizáciou alebo nedeľnú kázeň. Pod Livestreamnou paradigmou, je živé video prezentované s fotografiami napätého publika, hostujúci rečník četujúci s CEO po diskusii a tweety a pripomienky od vzdialených poslucháčov. Zážitok je oveľa bohatší a citlivejší pre živých a on-demand divákov. To je Livestream vízia. Či už je to staré paradigma, alebo nové, pri vytváraní stránky kanála, existuje veľa prepínačov pre nastavenie a veľa ovládacích prvkov pre konfiguráciu. Väčšina, ale nie všetci LSSPs umožňujú

prispôbiť svoju domovskú stránku s personalizovaným záhlavím, logami, presahmi, farbami a ďalšími možnosťami. Nad rámec týchto problémov orientovaných na vzhľad stránky, prichádzajú do úvahy ďalšie starosti týkajúce sa mnohých podnikov súvisiacich s prístupom k obsahu.

5.1.5. Môžeme chrániť svoj obsah a značku?

Napríklad pri použití možnosti zobrazených na Obr. 20 Justin.tv nám umožní chrániť heslom naše videá, zabrániť ostatným vkladaniu nášho obsahu, a odstrániť náš kanál z adresára, takže iba diváci, ktorých my pošleme na stránku nájdu svoj obsah. Všimnime si, že tieto kontroly sú skutočne na dvoch rôznych obrazovkách na stránkach Justin.tv. Väčšina LSSPs ponúka niektoré z týchto možností; niektorí tiež umožňujú určiť, na ktoré adresy URL môžeme vložiť naše videá pre jemnejšie ladené riadenie.

Iné potenciálne príčiny na obavy sú komentáre a chat. Niektoré LSSPs umožňujú moderovať všetky poznámky, takže môžeme zabrániť spamom a negatívnym komentárom. Čo sa týka chatu, niektoré LSSPs umožňujú identifikovať niekoľkých moderátorov pre sledovanie chatu, zatiaľ čo iní nám umožnia blokovať určité slová alebo dokonca niektorých účastníkov chatu (Obr. 21).



Your channel is public. Adding an access code will make your channel private. This will make all your past broadcasts inaccessible to anyone without the access code. This will not take effect until you stop broadcasting. Access code must be 25 characters or less.

Add Access Code:

Control how your viewers use your video:

- Don't allow my channel to be embedded
- Don't allow anyone to view my past broadcasts
- Don't allow users to create highlights from my past broadcasts
- Automatically add highlights of my past broadcasts from viewers to my list of videos
- Remove my channel from the directory

Obr. 20 Ochrana prístupu a ďalšie spôsoby vytvárania nášho obsahu s väčším súkromím na Justin.tv portáli.

Ak sa obávame, ako potenciálni diváci môžu pristupovať a používať náš obsah, potom je potrebné vyšetriť schopnosti každého LSSP kandidáta v tomto ohľade už v rannej fáze procesu výberu LSSP.



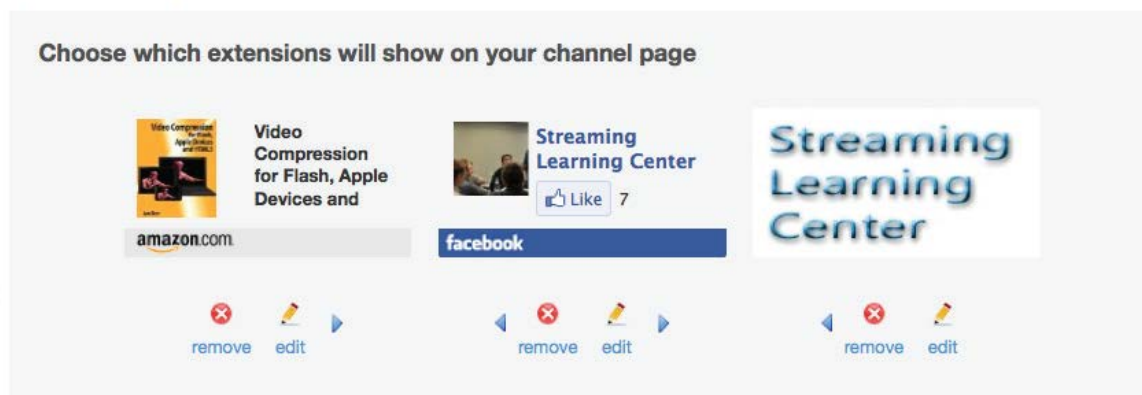
Obr. 21 Ustream nám umožňuje zapnúť a vypnúť chat a identifikovať moderátorov, ktorí môžu zakázať urážajúcich užívateľov.

5.1.6. Aký majú rozsah odkazy na sociálne siete?

Všetky LSSPs poskytujú odkazy na sociálne siete, ako je Facebook a Twitter, takže môžeme ľahko poslať odkaz na video k týmto službám, keď vysielame naživo. Okrem toho Livestream robí skvelú prácu tým, že integruje Facebook a Twitter chaty do svojich živých prezentácií okrem našich vlastnýchhovorových (chat)zariadení. Týmto spôsobom sa komentáre pridané cez Facebook a Twitter objavia na stenách alebo stránkach našich divákov, čo zvyšuje potenciálny rozruch okolo udalosti. Je tiež vhodné zvážiť, čo návštevníci na našej stránke vidia, keď nevysielame naživo. V tomto ohľade všetky LSSPs prezentujú knižnice programov z predchádzajúceho vysielania, medzi ktorými si návštevníci môžu vybrať a prehrať. Ustream dovoľuje vytvárať zoznamy videí (play lists), ktoré sa objavujú, keď návštevník otvorí stránku kanála. Takže môžeme ovládať naše správy pre všetkých návštevníkov. Livestream umožňuje vytvárať sofistikované prezentácie z minulých vysielaní, nahraté súbory on-demand a dokonca aj súbory importované z YouTube vytvárajú bohaté prezentácie pre zapojenie sa našich divákov.

Your Extensions

Personalize your channel with Ustream Extensions



Obr. 22 Ustream rozšírenia poskytujú e-commerce linky na produkty, ktoré dúfame, že predáme.

Ak budeme predávať produkty na iTunes alebo Amazon, jedna skvelá vlastnosť ponúkaná Ustreamom je možnosť používať "rozšírenie" k poštovým odkazom na tieto produkty za živé a on-demand videa (Obr. 22). Ľudia sledujúci videá o našom celkomnovom widgetemôžu kliknúť na Amazon a kúpiť to. Ďalšie funkcie môžemepoužiť na pomocspeňaženia nášho videa.

Zatiaľ všetky diskutované funkcie sa týkali kanálovej stránky na LSSP's. Pre mnohých prevádzkovateľov vysielania, sú vlastnostivloženého prehrávača oveľa dôležitejšie. Ďalej sa zameriame na tieto funkcie a začneme s flexibilitouvolieb vkladania.

5.1.7. Ako flexibilné sú naše možnosti vkladania živých strímov?

Vkladanie živého videostrímu z LSSP je veľmi podobné vkladaniu stránky YouTube do webového miesta (web) alebo video z iného UGC webového miesta alebo online video platformy. Je to vidieť na Obr. 23, z LSSP Bambuser, ktorý robí dobrú prácu tým, že nám dovolí vložiť kompaktný prehrávač s prístupom k našej videotéke a linky k sociálnym sieťam. Na pravej strane vidíme, že existujú dve konfigurácie a to expandované (ukázané) a integrované, a že si môžeme prispôbiť veľkosť prehrávača. Potom môžeme skopírovať kód pre vloženie, ktorý je zobrazený tesne pod týmito možnosťami, a vložíme ho do kódu HTML v našom webovom sídle.

Bambuser robí dobrú prácu s vloženým prehrávačom, pretože jeho cieľoví zákazníci sú tí, ktorí v prvom rade chcú použiť vstavaný prehrávač a nie stránku kanála. Webové sídlaako Ustream a obzvlášť Justin. tv, ktoré vidia ich primárnu hodnotu v schopnosti dodávať publikumna stránku nášho kanála a ponúkať rozličný výber možností. Napríklad Ustream umožňuje zahrnúť knižnice obsahu do svojho vloženého prehrávača, ale keď užívateľ klikne na prehratie týchto videí, skočí späť na našu Ustream stránku kanála. Okrem toho niektoré weby, vrátane Livestream a Ustream, nám umožňujú vložiťvideo prehrávač do našej facebookovej stránky alebo steny, čo je skvelé, ak sa snažíme pritiahnúť divákov na naše stránky na Facebooku. Mnohí iní nám jednoduchoumožnia pridať odkazy na videá na Facebooku, čo nemusí byť až tak efektívne.

5.1.1. Kde sú prehrávané videa?

Ďalšia úvaha zahŕňa platformy, ktoré prehrávajú video za stanovenú cenu. Samozrejme, že všetky LSSPs ponúkajú prehrávanie Flash-založené na playbacku na počítači pre kanálovú stránku a vložené prehrávače. Napríklad hlavnou hodnotou propozície na portáli Bambuser je podpora mobilných zariadení pre prehrávanie a vysielanie. Ďalším príkladom je Justin.tv, ktorý sa spolieha predovšetkým na aplikácie pre prehrávanie na mobilných zariadeniach, skôr než prehrávanie na báze prehliadača.

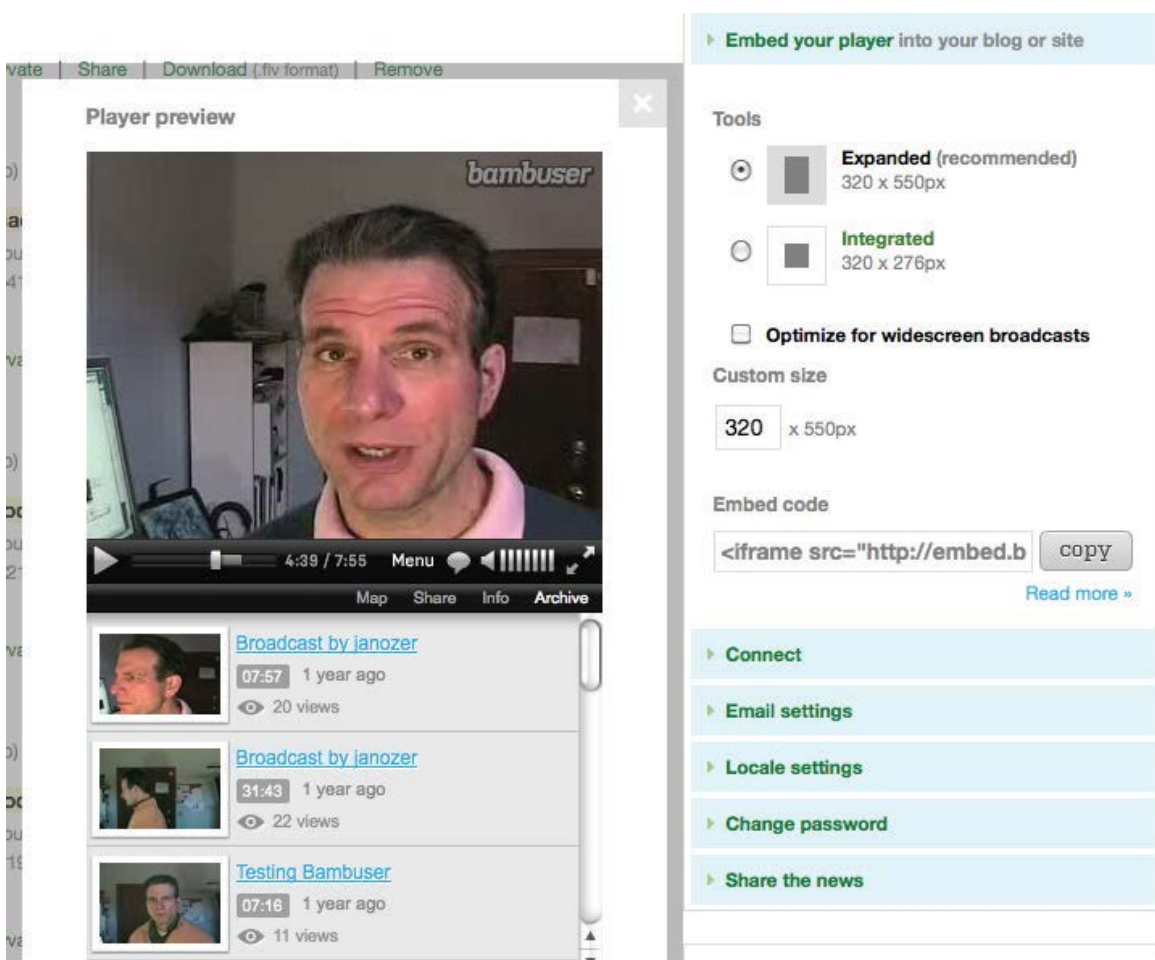
Súvisiace permutácie s kompatibilitou sú príliš zložité a neisté, aby sa prezentovali v tabuľke funkcií. Pred výberom poskytovateľa, by sme si mali zaregistrovať zadarmo účet u LSSPs, o ktorom

uvažujeme, a mali by sme otestovať kompatibilitu prehrávania na stránke kanála, na vloženom prehrávači, alebo oboje cez príslušné matice prehrávačov a platforiem.

5.1.1. Aké sú naše možnosti kódovania?

Uvedieme niekoľko poznámok o možnostiach kódovania. Najprv pár slov o prehliadači na báze kódérov ponúkaných všetkými LSSPs. V podstate používajú starší kodek Flash Player, VP6, ktorý je menej kvalitný než H.264 a nie je kompatibilný s mobilnými zariadeniami. Takže buď použijeme inú aplikáciu, ktorú poskytuje LSSP, alebo použijeme produkt tretej strany.

Po druhé, môžeme použiť komerčné kodéry s väčšinou LSSPs, ale v niektorých prípadoch nemusíme mať prístup k celej sade funkcií. Napríklad, aj keď je možné odoslať viac strímov na Livestream cez väčšinu vlastných softvérových a hardvérových kódérov, nie je to možné z mnohých programov tretích strán. Takže ak máme v pláne distribúciu viacerých strímov, mali by sme sa uistiť, že sme pochopili, ktoré kodéry to podporujú.



Obr. 23 Prispôsobený vložený prehrávač na portáli Bambuser

Ustream predáva svoje zákaznícke verzie Wirecast, ktoré umožňujú prepínanie viac kamier. Ustream robí dobrú prácu, keď osvedčuje produkty tretích strán na svojej platforme

(ustream.tv/platform), vrátane veľmi aktuálnej Logitech Broadcaster, webovej kamery, ktorá môže tiež kódovať naše video a vysielat ho priamo do Ustreamu.

Keď sa mobilné zariadenia stanú výkonnejšími a získajú kvalitnejšie optiku, schopnosť vysielat naživo pomocou mobilného telefónu sa stane oveľa významnejšou. Väčšina hlavných LSSPs ponúkajú OS Android a iOS PPS, ktoré poskytujú túto funkciu. Celkovo možno povedat, že pred výberom LSSP stojí za to preskúmať súvisiace produkty kódovania, ktoré ponúkajú alebo podporujú, aby zabezpečili splnenie našich potrieb kódovania.

5.1.2. Sú doplnkové služby k dispozícii?

Väčšina LSSPs ako Livestream a Ustream ponúkajú celú škálu produkčných služieb, vrátane kamery, mixovania, kódovania, návrhu a vývoja prehrávača, ktoré zabezpečia, že pri živom vysielaní nebudeme mať problémy. Ak nemáme tieto schopnosti doma a máme rozpracovanú udalosť s vysokým profilom, potom získať takéto schopnosti rozhodne stojí za uvažovanie.

5.1.3. Čo nás to všetko bude stát?

A nakoniec sa budeme venovat cene (nákladom). Aj keď existujú určité podobnosti, každý LSSP má svoj vlastný jedinečný cenový model. Napríklad, ako je znázornené na Obr. 24, s novou livestream službou, kde nie sú nikdy žiadne reklamy, a voľná služba môže prenášať neobmedzené HD video pre neobmedzený počet divákov. Všetky prenosy sú prevedené na súbory on-demand-video (video na vyžiadanie), ktoré je možné vložit do našich webových sídiel. Avšak videá expirujú po mesiaci, a naši diváci, ak si chcú pozrieť tieto videá, musia byť prihlásení ako používatelia Livestreamu.

Compare Plans

	Free	Basic	Premium
Price (yearly subscription prices shown)	\$0	\$42	\$333
Unlimited Ad-Free Streaming	✓	✓	✓
Unlimited Events (1 live at a time)	✓	✓	✓
Unlimited Viewers	✓	✓	✓
Unlimited Email Support	✓	✓	✓
Unlimited On-Demand Embedding	✓	✓	✓
Unlimited Archive	-	✓	✓
Local Publishing Point <small>*Streams based on your location for increased reliability and quality</small>	-	✓	✓
Viewers can watch without logging into Livestream	-	✓	✓
Event/Account Vanity URL	-	✓	✓
Google Analytics Integration	-	✓	✓
Ability to disable Event Viewer Count, Post Viewer Count, and Comments & Chat	-	-	✓
Livestream on Any Website <small>*Unlimited Embedding of the Live Event Page and Live Player</small>	-	-	✓
Livestream on Facebook	-	-	✓
7 Days/Week Phone Support	-	-	✓

Obr. 24 Cenník pre nový Livestream

Za 42 \$ za mesiac zostane archív minulých vysielaní zachovaný, a môžeme ich sledovať bez prihlásení, dostaneme integráciu Google Analytics, ale nemôžeme vložiť živé video na naše webové sídlo; naši diváci musia ísť sledovať videa na Livestreame. S prémiovým účtom (333 dolárov za mesiac), môžeme vložiť prehrávače na naše webové sídlo a na Facebook, zakážeme sociálne médiá a získame plnú telefonickú podporu. Stále nemáme white-label prehrávač, ale sme dosť blízko.

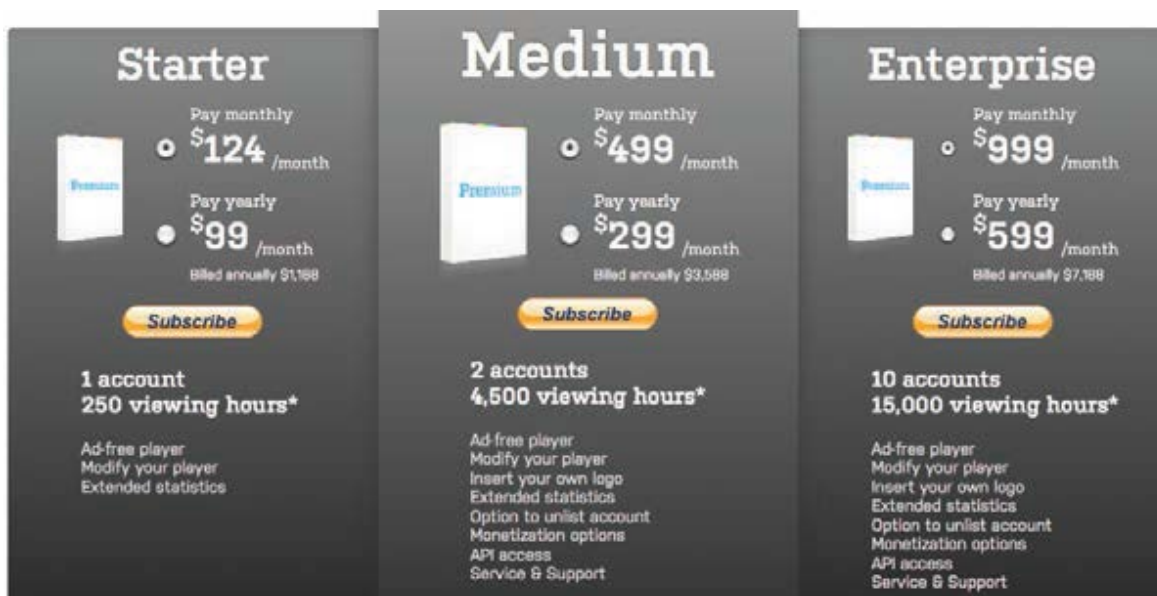
Ustream ponúka viac tradičný cenový model, kde budeme platiť stratu reklamy tretích strán, získame vlastnú značku a získame ďalšie divácke minúty, plus ďalšiu kontrolu vkladania (Obr. 25, bit.ly/JT_pricing).

Basic	Starter	Standard	Enterprise
Free <small>(current plan)</small>	\$99 /MO	\$499 /MO	\$999 /MO
	Upgrade	Upgrade	Upgrade
Ad supported	100 ad-free viewer hours <small>50¢ per additional VH</small>	4,000 ad-free viewer hours <small>25¢ per additional VH</small>	9,000 ad-free viewer hours <small>20¢ per additional VH</small>
10 Gb video storage	Unlimited video storage	Unlimited video storage	Unlimited video storage
No Branding	No Branding	Co-Branding	Full-Branding

Obr. 25 Model cenníka pre Ustream

Bambuser ponúka podobný model, ktorý si môžeme prezrieť na bambuser.com/premium, kde platíme za čas sledovania, API prístup a možnosť prispôsobenia sa (Obr. 26). Môžeme tiež získať viac účtov, ktoré nám umožnia vysielat' viac strímov súčasne. Pre ďalšie služby budeme potrebovať viac účtov (alebo neobmedzený účet).

Ak chceme zatvoriť slučky na LSSPs, ako sme to popisovali, Justin.tv nedávno začal ponúkať Premium vysielaciu službu, ktorá ponúka živé transkódovanie (Obr. 27). Všimnime si, že prekódovanie na stolnom počítači znamená manuálne prepínanie, zatiaľ čo zákaznícky HTTP stríming znamená automatické prepínanie cez Apple HTTP Live Streaming (HLS) v rámci prehliadača, nie však Justin.tv app. Môžeme tiež získať viacnásobný účet pre Storm, Blizzard a Hailstorm plány, opäť umožňujúce súbežné strímovanie, hoci existujú určité obmedzenia úložiska, ktoré ďalší LSSPs nezaviedli.



Obr. 26 Model cenníka pre Bambuser

Predtým než Justin.tv začala ponúkať tieto programy, webové stránky neboli relevantné pre väčšinu firemných vysielacích spoločností, pretože nebol žiadny spôsob pre vydavateľov na odstránenie reklám. S novým plánom to rozhodne stojí za pozornosť. Ak máme spustených mnoho akcií, radšej si to spočítajme, či na to máme, pretože tieto plány môže byť dosť nákladné, aj keď sme skončili pri white-label prehrávači s našou vlastnou značkou.

Remove all the ads from your channel and give all your viewers the full ad-free experience!

	FLURRY \$99/MO FOR 100 VIEWER HOURS	STORM \$199/MO FOR 500 VIEWER HOURS	BLIZZARD \$399/MO FOR 3000 VIEWER HOURS	HAILSTORM \$999/MO FOR 9000 VIEWER HOURS
	SELECT	SELECT	SELECT	SELECT
	\$0.30 per additional viewer hour	\$0.25 per additional viewer hour	\$0.20 per additional viewer hour	\$0.15 per additional viewer hour
STORAGE	10 GB (\$0.30 per additional GB)	100 GB (\$0.30 per additional GB)	500 GB (\$0.30 per additional GB)	1000 GB (\$0.30 per additional GB)
TRANSCODING	N/A	N/A	Live Transcoding	Live + archive Transcoding
BRANDING	Co-branding	Co-branding	White label	White label
IPAD/STREAMING	Justin.tv app	Justin.tv app	Custom HTTP streaming	Custom HTTP streaming
PRO USER ACCOUNT	1 Pro user account	2 Pro user accounts	4 Pro user accounts	6 Pro user accounts

Obr. 27 Cenový model pre Justin.tv's

5.1.1. Skúsme to, budeme to mať radi

Dúfajme, že sa nám podarilo v predchádzajúcom texte odpovedať na otázky, ktoré sme si položili na základe porovnávania LSSPs. Odtiaľ najlepší kurz je zúžiť svoje zameranie na dva alebo tri LSSPs, a potom vziať ich bezplatné služby a vyskúšať ich.

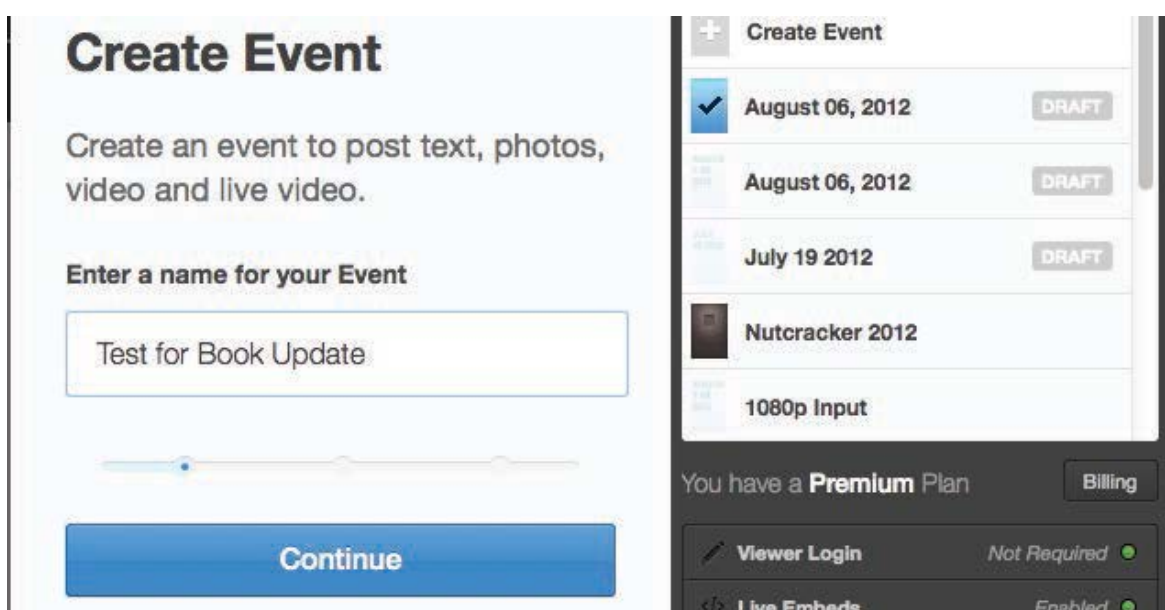
Čím viac času budeme investovať do identifikácie našich jedinečných požiadaviek, tým viac budeme lepšie špecifikovať naše postupy a čoraz efektívnejšie sa budeme orientovať pri výbere najlepšej služby. Toto zahŕňa určenie, či dúfame, že speňažíme svoje videá, ako je potrebné chrániť obsah, či chceme jeden alebo viac strímov, či budeme venovať pozornosť stránke kanála, alebo vlozenej stránke a ktoré prehrávacie platformy sú kritické pre ponuku našich živých prenosov.

5.2. Návod na tvorbu živého prenosu

Pozrime sa teraz na rôzne faktory, na ktoré by sme mali prihliadať pri výbere LSSP. Pripravili sme stručný technický návod na skutočnú prevádzku. Budeme používať Livestream, ktorý bol zo všetkých LSSP's doteraz najviac využívaný v praxi pri vysielaní živých strímov.

1. *Naplánujeme udalosť.* Prvým krokom je vytvorenie a naplánovanie časového harmonogramu udalosti, ktorý upozorní našich divákov, že udalosť sa blíži a dá nám obsah stránky pre našich potenciálnych divákov.

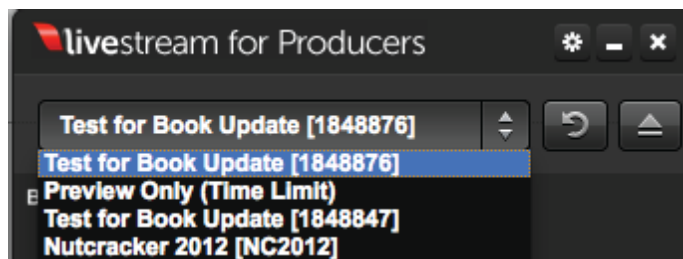
Krátky sprievodca nás prevedie potrebnými krokmi: prvým je pomenovanie udalosti (Obr. 28), potom nastavenie dátumu a času a nahratie fotografie, ktorá bude slúžiť ako plagát na akciu. Uvidíme obrázok s niekoľkými obrazovkami (pohľadmi) (Obr. 34).



Obr. 28 Prvý krok vytvorenia udalosti

Všimnime si, že môžeme vytvoriť udalosť a vysielat' ju naživo z počítača alebo zo zariadenia s iOS alebo Android cez portál Livestream.

2. *Konfigurácia kodéru.* Niekoľko minút pred začatím udalosti, chceme spustiť živý strím. Z portálu Livestream možno zadarmo stiahnuť program pre krížovú platformu (z angl. cross-platform; Mac / Windows). Na portáli Livestream bol publikovaný program pre producentov, ktorý je bezplatný. Cross-platformprogram sa dá stiahnuť z portálu Livestream. V programe je potrebné najprv vybrať udalosť, takže o strímevieme, kde má byť prehrávaný.



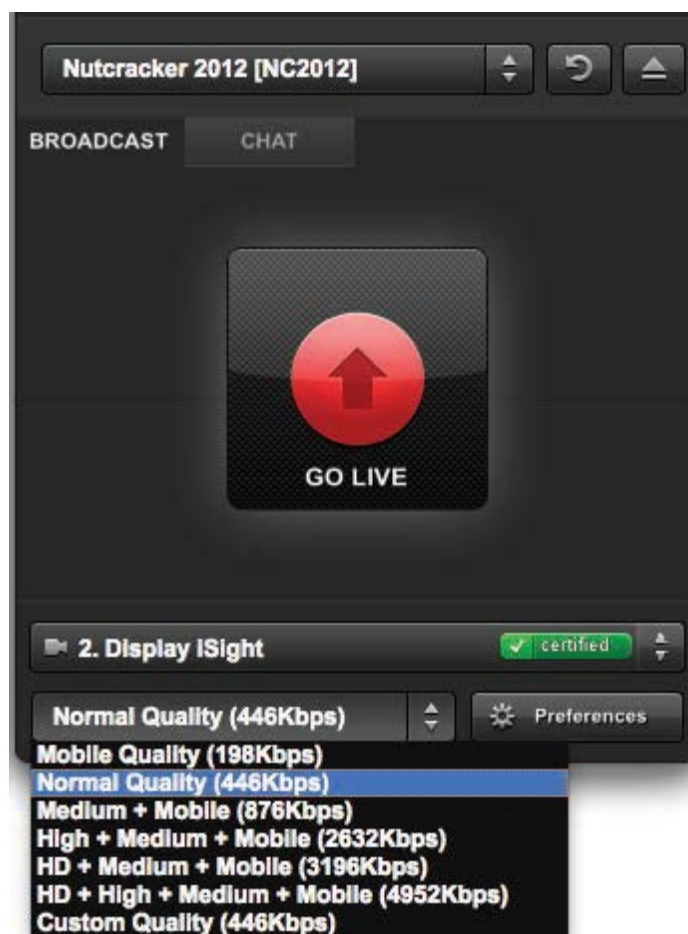
Obr. 29 Výber udalosti v Livestream pre producentov

3. *Vyberieme si kódovanie šablóny.* Livestream ponúka množstvo šablón pre rôzne dátové rýchlosti, vrátane jedného strímu, viacnásobného strímu, a viacnásobného strímu s mobilným strímom. Typicky sivyberáme najvyššiu kombináciu, ktorú bude podporovať šírka pásma pre odchádzajúci strím. S malou šírkou pásma pre odchádzajúci strím DSL nevieme podporovať dátové strímy s normálnou kvalitou. Môžeme si však pomôcť nasledujúcim spôsobom. Môžeme vytvoriť viacnásobný strím tak, že použijeme High+Medium+Mobile strím, ktorý poskytuje dobré pokrytie s kvalitným strímom ajpre tých, ktorí sledujú živé prenosy na platformách s dostatočným výkonom a šírkou pásma.

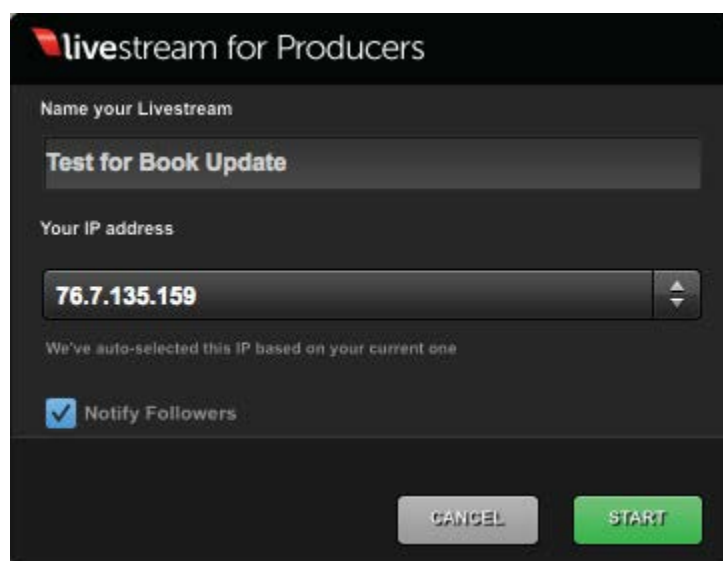
Všimnime si, že môžeme prispôbiť predvoľby, ale nie je to nevyhnutné. Rôzni producenti a kódovací guru na Livestream (a Ustream) priniesli oveľa viac živých akcií, než sme ich doteraz urobili my, a preto by sme im mali dôverovať. Ak máme viac videozariadení v počítači, môžeme zvoliť aktívne zariadenia pomocou rozbaľovacieho zoznamu pod tlačidlom Go Live (aktuálne ukazuje displej iSight). Ak máme viac zvukových zariadení, klikneme na tlačidlo Preferencie, aby sme zvolili správne zariadenie.

4. *Odštartujeme strím.* Keď budeme pripravení, stlačíme tlačidlo Go Live and uvidíme obrazovku, ktorá je na Obr. 31. Zadáme názov, ktorý sa zobrazí nad strímom. Môžeme použiť názov udalosti, ale môžeme zadať aj ľubovoľný titul, ktorý si prajeme. Ak máme viacnásobné publikačné body spojené s naším účtom, uvidíme pole s IP adresou, hoci väčšina používateľov má iba jeden

publikačný bod, takže nebudeme vidieť toto pole. Ak si všimneme, že softvér automaticky vyberie najlepší publikačný bod, tak by sme to nemali nastavovať v žiadnom prípade.

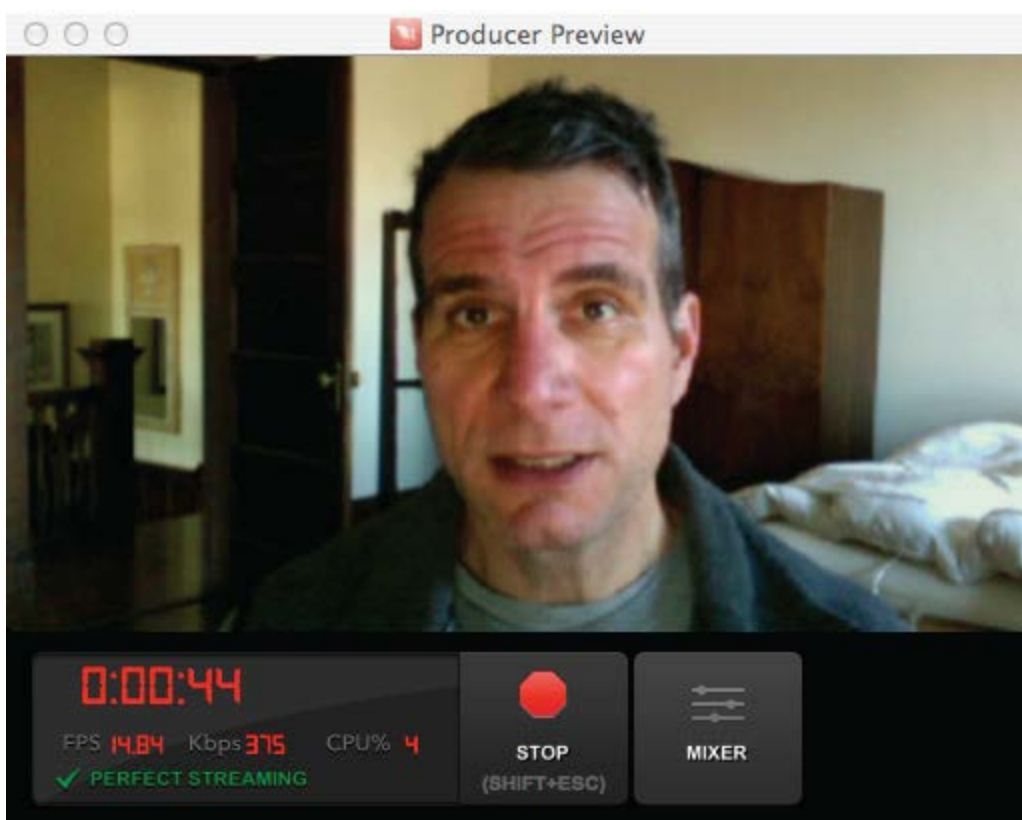


Obr. 30 Výber našich kódovacích vzorov



Obr. 31 Napíšme meno udalosti; netrápme sa s IP adresou, ktorá by mala byť správna.

5. Klikneme na tlačidlo *Štart živého vysielania*. Zabezpečíme nastavenie kamery, pretože po stlačení tlačidla *Štart* spustíme živý strím. Za dobrý nápad možno považovať ak na začiatku živého strímu prenášame inú testovaciu akciu a na reálnu akciu sa prepne až vtedy, keď je už divák pripútaný k obrazovke. Na druhej strane, ak zobrazujeme nastavenia pásma a kontrolujeme zvuk, niektorých divákov by to mohlo upútať.

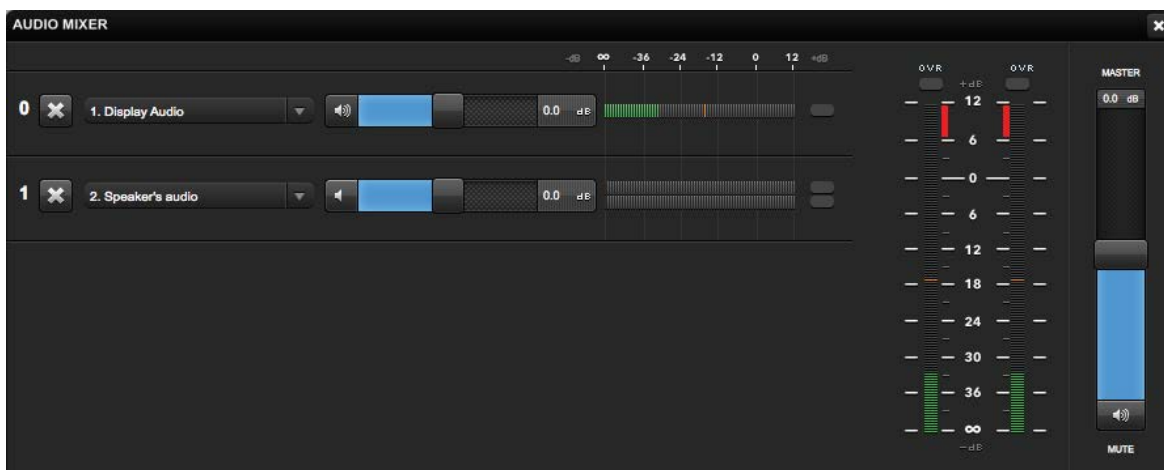


Obr. 32 Vysielame naživo

Akonáhle začneme vysielateľ, uvidíme ovládacie prvky na Obr. 33. Na obrázku vidíme strím zo spálne, pretože sú tam najlepšie webové kamery, aj keď určite nie je najvhodnejšie pozadie pre živý prenos.

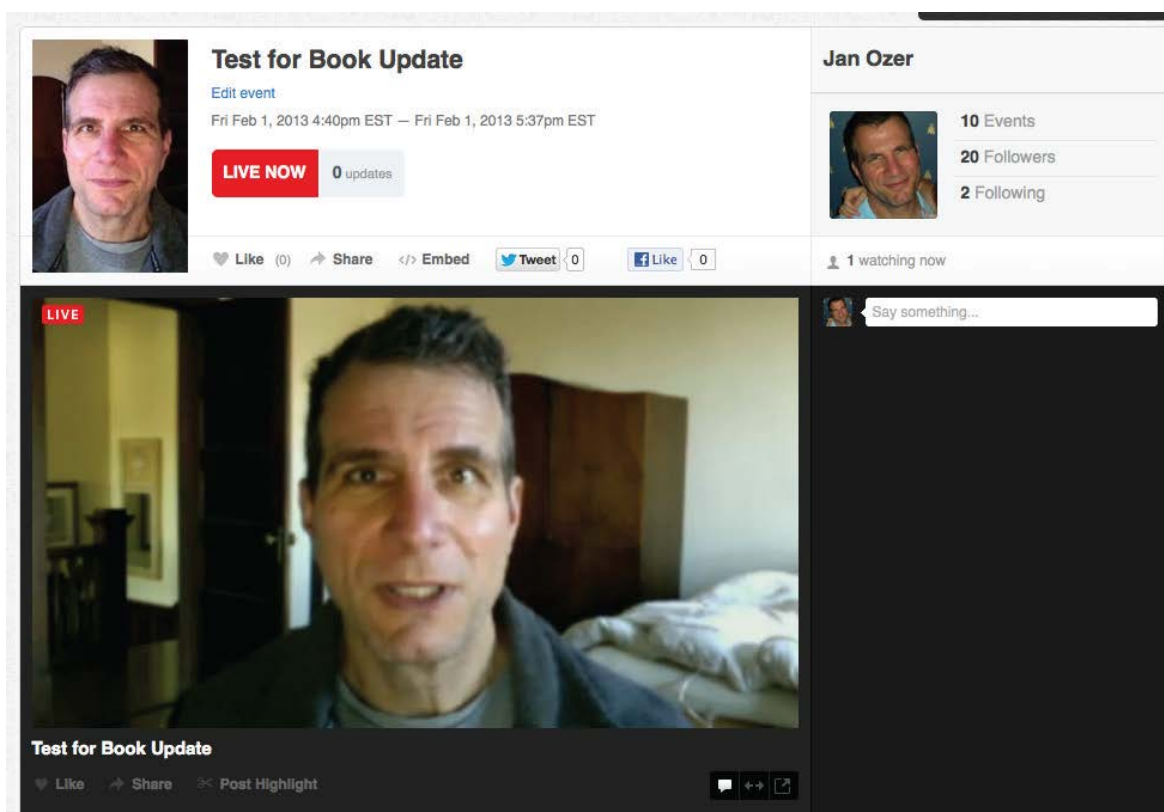
6. *Nastavme hlasitosť zvuku*. Takmer určite budeme musieť upraviť hlasitosť zvuku prostredníctvom Mixeru, ku ktorému sa dostaneme stlačením tlačidla Mixer v pravom dolnom rohu na Obr. 32. Pri nastavovaní hlasitosti zvuku musíme brať do úvahy viacero činiteľov. Nie je to práve tak jednoduché, ako by sa mohlo zdať.

Tip: Všimnime si, že zvuk je mimoriadne ťažké prispôbiť v hlučnom hľadisku, a to aj s nasadenými slúchadlami. Je vždy dobré mať niekoho, kto sleduje živý strím na pokojnom mieste, a kto nám môže poskytnúť relevantnú informáciu o tom, čo sa deje so zvukom.



Obr. 33 Nastavenie hlasitosti

7. *Sledujme živý signál.* Poďme na portál Livestream (alebo na vložený prehrávač na svojich webových stránkach) a uistíme sa, že veci idú hladko. Vždy by sme mali mať stránku Livestream na počítači, zatiaľ čo vysielame, pretože to je najrýchlejší spôsob na zistenie existujúcich problémov. Akkódujeme na počítači (na rozdiel od on-kamery alebo hardvérového zariadenia), prinesme si notebook na súčasné sledovanie (spolusledovanie). Je to absolútne nevyhnutné.



Obr. 34 Monitorovanie živého strému

5.1. Záver

V tejto kapitole sme chceli ukázať praktický postup realizácie prenosu živého videa, ktoré snímame videokamerou, mobilným telefónom alebo tabletom. Dúfajme, že sa nám podarilo v predchádzajúcom texte odpovedať na otázky, ktoré sme si položili na základe porovnávania LSSPs. Zamerali sme sa na dva alebo tri najčastejšie využívané portály LSSPs, ktoré poskytujú aj bezplatné služby. Zjednodušene povedané, ak máme videokameru, mobilný telefón alebo tablet pripravené na akciu, tak naozaj nie je žiadny dôvod, prečo nevyskúšať tieto služby a nevyslať do internetovej siete našu akciu ako živý strím.

Tak, to je všetko. Dosiahnuť najvyšší cieľ, ktorý predstavuje živý prenos, bez ohľadu na to, ktoré LSSP si vyberieme, je veľmi jednoduché. Stručne povedané, LSSP predstavujú jednoduchšiu a lacnejšiu cestu k naštartovaniu živého vysielania, pretože poskytovateľ služby hradí všetky náklady na infraštruktúru a poskytuje všetky potrebné systémové komponenty, od prostriedkov pre živé kódovanie po vložený prehrávač.

Literatúra

- [1]. J. Ozer: Producing Streaming Video for Multiple Sreen Delivery, Doceo Publishing, USA,2013, ISBN 978-0-9762595-4-1.
- [2]. <http://www.apache.org/foundation/>.
- [3]. ITU-T: H.264, 03/2010.
- [4]. A. Bovik: The Essential Guide to Image Processing, Elsevier, 2009, ISBN: 978-0-12-374457-9, Journal of Visual Communication and Image Representation, 21, pp. 523–532, 2010.
- [5]. K. R. Rao, D. N. Kim, J. J. Hwang: Video Coding Standards.Springer 2014, ISBN 978-94-007-6741-6.
- [6]. ITU: CCITT T.81 - Digital Compression And Coding Of Continuous-Tone Still Images – Requirements And Guidelines. 1992.
- [7]. P. Merkle, A. Smolic, K. Müller, T. Wiegand: Efficient Prediction Structures for Multiview Video Coding. IEEE Transactions on Circu-its and Systems for Video Technology (Volume:17 , Issue: 11), Nov. 2007, pp. 1461 – 1473.
- [8]. P. Merkle, A. Smolic, K. Müller, T. Wiegand: Multi-View Video Plus Depth Representation and Coding. ICIP2007, pp. I 201- 204.
- [9]. ITU-T: H.265, 04/2015.
- [10]. <https://www.theora.org/faq/#what>.
- [11]. Xiph.Org Foundation: Theora Specification. 2011. Dostupné na: <https://theora.org/doc/Theora.pdf>.
- [12]. S. Winkler: Digital Video Quality. Vision Models and Metrics. Wiley, 2005, ISBN: 0-470-02404-6.
- [13]. L. Macekova, S. Marchevsky, “A New Image and Video Quality Criterion”, Acta Elektronica et Informatica, Vol.4 No.2, pp. 15 – 19, 2004.
- [14]. Z. Wang, L. Lu, A. C. Bovik: Video Quality Assessment Based on Structural Distortion Measurement, Sig.Processing: Image Commu-nicaion, Vol. 19, No. 1, Jan. 2004, pp.1-9.